

مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

الطاقة النووية

وأهداف التنمية المستدامة لدول مجلس التعاون



رضا عبدالسلام

الطاقة النووية وأهداف التنمية المستدامة

لدول مجلس التعاون

محتوىٰ الكتاب لا يعبر بالضرورة عن وجهة نظر المركز

الطبعة الأولى 2009

النسـخة العـادية: ISBN 978-9948-14-177-8

النسخة الإلكترونية: ISBN 978-9948-14-178-5

توجه جميع المراسلات إلى العنوان التالي:

مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

ص. ب: 4567

أبـوظـبـي

دولة الإمارات العربية المتحدة

هاتف: 4044541-9712+

فاكس: 4044542-9712+

E-mail: pubdis@ecssr.ae
Website: http://www.ecssr.ae

الطاقة النووية وأهداف التنمية المستدامة لدول مجلس التعاون

رضا عبدالسلام



مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية

أنشئ مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية في 14 آذار/ مارس 1994 كمؤسسة مستقلة تهتم بالبحوث والدراسات العلمية للقضايا السياسية والاقتصادية والاجتماعية المتعلقة بدولة الإمارات العربية المتحدة ومنطقة الخليج والعالم العربي. وفي إطار رسالة المركز تصدر هذه السلسلة من الكتب كإضافة جديدة متميزة في المجالات الاستراتيجية السياسية والاقتصادية والاجتماعية والمعلوماتية.

المحتويات

مقدمة

بعد أكثر من عقدين توارى فيهما نجم صناعة الطاقة النووية، عادت من جديد وبقوة مع نهاية القرن العشرين، نتيجة لعديد من العوامل المستجدة، في مقدمتها التغيرات المناخية وظاهرة الانحباس الحراري التي بدأ العالم يعانيها بشكل مكثف منذ أواخر التسعينيات، ثم تصاعدت حدة المشكلة في السنوات الأخيرة، حتى باتت قضية حماية البيئة محور الاهتمام العالمي، كما عزز من هذا الاهتمام ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري، وانعكاسات ذلك على نمو الاقتصاد العالمي. كل هذه التطورات تصب بلا شك في مصلحة مصادر الطاقة البديلة ومنها الطاقة النووية.

وفي ضوء تلك التطورات، وبعد أن ظلت صناعة توليد الطاقة النووية، وعلى مدى أكثر من ثلاثة عقود، من اختصاص الدول المتقدمة، دخل عدد من الدول النامية في مضمار التنافس على اقتنائها، كالصين وجنوب أفريقيا وكوريا الجنوبية والهند...الخ بهدف توفير مصدر مستقر وآمن للطاقة، ومع التقدم في هذه الصناعة، وخاصة من حيث التكلفة والأمان، يتم البناء أو التخطيط لبناء العشرات من المفاعلات النووية ذات الأغراض السلمية في الكثير من دول العالم، تحت إشراف ومراقبة ودعم من الوكالة الدولية للطاقة الذرية، وثلثا المفاعلات الجديدة يتم بناؤها في الدول النامية.

ومواكبةً لتلك التطورات والتحولات العالمية، بدأت الدول العربية التفكير بجدية في دخول هذه الصناعة، ويشهد على ذلك قرار القمة العربية عام 2007 في الرياض، القاضي بضرورة دعم تطوير هذه الصناعة لتلبية متطلبات التنمية في الدول العربية، كما كان قد سبقه قرار آخر صدر عن مجلس التعاون لدول الخليج العربية

(قمة جابر عام 2006) الخاص بدخول دول المجلس في برنامج سلمي خليجي للطاقة النووية.

وتقدم دول مجلس التعاون نفسها كأفضل مثال لأشكال الاندماج الإقليمي في المنطقة العربية، وقد خطت خطوات كبيرة في هذا المجال من شأنها أن تدعم قيام مشروع خليجي للطاقة النووية يكون من شأنه تحقيق التنمية المستدامة، سواء للاقتصاد ككل أو للصناعة أو السكان.

وينقسم هذا الكتاب إلى أربعة فصول، يعنى أولها بتعريف التنمية المستدامة ودور الطاقة في إنجاز أهدافها الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، ثم الدور الذي يمكن أن تلعبه الطاقة النووية في هذا الخصوص. ويعرف الفصل الثاني بصناعة توليد الطاقة النووية، وسماتها التي تميزها عن المصادر التقليدية للطاقة، وأبرز تطورات هذه الصناعة، وأهم الانتقادات الموجهة إليها وردود أنصارها عليها. وفي الفصل الثالث عرض لمبررات ودواعي توجه دول مجلس التعاون نحو التقنية النووية، وانعكاسات استمرار دول مجلس التعاون في الاعتماد على المصادر التقليدية لتوليد الطاقة، من المنظورين الاقتصادي والبيئي. وتضمن الفصل الرابع تحليل فرص وإمكانات وتحديات قيام مشروع خليجي لتوليد الطاقة نووياً. واختتمت الدراسة أخيراً بمجموعة المقترحات التي نحسبها مفيدة، ونضعها أمام متخذ القرار الخليجي وهو في سبيله لوضع اللبنات الأولى للدخول إلى عالم هذه الصناعة.

الفصل الأول

الطاقة النووية وأهداف التنمية المستدامة

تصاعد الحديث مؤخراً عن مسألة "التنمية المستدامة"، ووضعت المنظمات الدولية أهدافاً تنموية للألفية الجديدة، إلا أن إنجاز تلك الأهداف يتطلب في المقام الأول توافر الطاقة التي يمكن من خلالها إنجاز الأهداف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية للتنمية المستدامة. ويوفر قطاع توليد الطاقة الكثير من الفرص، ولكنه في الوقت نفسه يخلق الكثير من التحديات لأهداف التنمية المستدامة. ومن هنا يثار التساؤل عن الدور الذي يمكن أن تلعبه مشروعات توليد الطاقة النووية في إنجاز أهداف التنمية المستدامة، بما يضمن الموازنة بين الفرص والتحديات.

أولاً: تطور الإنتاج والاستهلاك العالميين من الطاقة

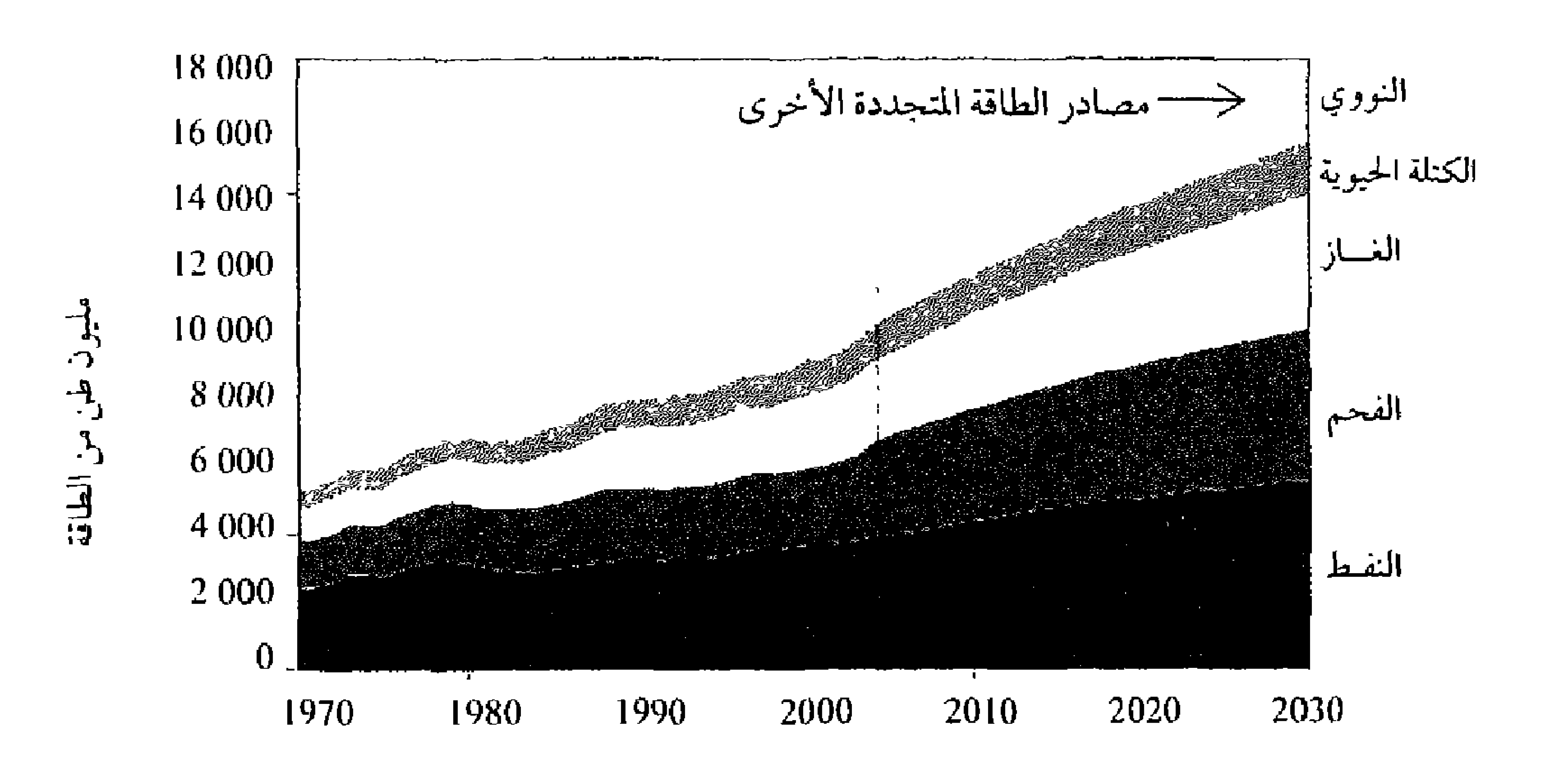
برغم زخم الحديث عن بدائل أو مصادر متجددة للطاقة، لايزال العالم يعتمد بشكل رئيسي في تلبية احتياجاته من الطاقة على المصادر الأحفورية، وتحديداً النفط والفحم والغاز، ويُتوقع أن تستمر تلك السيطرة خلال العقود القليلة القادمة. ففي الوقت الراهن تتم تغطية حوالي 85٪ من احتياجات العالم من الطاقة -وبخاصة في الصناعة- من الوقود الأحفوري، كالفحم والنفط والغاز،[1] وتقدر مساهمة المصدر النووي بنسبة 7٪ فقط من الطلب العالمي على الطاقة (الشكل 1-1).

وقد وصل الاستهلاك العالمي من النفط تحديداً إلى حوالي 82.4 مليون برميل يومياً، بعد أن كان 75 مليون برميل يومياً عام 2000، وتعتبر دول أوربا الغربية

والولايات المتحدة الأمريكية واليابان والصين أكبر مستهلك للنفط بحصة تصل إلى 80٪ من إجمالي الاستهلاك العالمي، برغم أن عدد سكانها لا يتعدى 30٪ من إجمالي سكان العالم. وتستحوذ هذه المجموعة من الدول على هذه النسب المرتفعة من الاستهلاك مع أنها تعتمد في الوقت نفسه على مصادر أخرى للطاقة، من بينها الطاقة النووية. وفي حقيقة الأمر، لولا اعتماد الدول المتقدمة على الطاقة النووية في توليد الكهرباء لتعدى سعر برميل النفط الـ 200 دولار على أقل تقدير.[2]

الشكل (1-1)

تطور الطلب العالمي على الطاقة (1970–2030) (بالمليون طن مكافئ نفط)



المصدر: OECD/IEE, *World Energy Outlook 2006* <http://eneken.ieej.jp/en/data/pdf/371.pdf>.

وتتوقع وكالة الطاقة الدولية أن يتضاعف الطلب العالمي من الكهرباء بحلول عام 2030، وهو ما سيخلق الحاجة إلى حوالي 4700 جيجاواط من قدرات التوليد الجديدة خلال ربع القرن القادم.[3] كما تتوقع استحواذ الغاز على نصيب الأسد في

توليد الكهرباء، بسعة تقدر بحوالي 2000 جيجاواط قبل حلول عام 2020، في حين ستبلغ حصة الفحم حوالي 1400 جيجاواط (حوالي نصف تلك الكمية ستستهلكها كل من الصين والهند)، وفي المقابل ستولد طاقة بسعة 470 جيجاواط من حرق النفط و430 جيجاواط من المصادر المائية، وحوالي 400 جيجاواط من مصادر الطاقة المتجددة.[4]

وقد توقع تقرير وكالة الطاقة الدولية[5] زيادة الطلب العالمي على الوقود الأحفوري بأكثر من 75٪ خلال الفترة 1997-2020، أي بمعدل نمو سنوي 2٪. وتشير التوقعات إلى أن الزيادة في الطلب خلال العشرين عاماً القادمة ستأتي من خارج مجموعة دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، ولهذا يتوقع أن تتراجع حصة دول المجموعة من الاستهلاك العالمي للطاقة من 54٪ حالياً إلى 44٪ بحلول عام 2020، في حين ستزيد حصة الدول النامية من 34٪ إلى 44٪ خلال الفترة ذاتها.

وتؤكد الدراسات التي تمت مراجعتها كافة أنه بحلول العقد القادم ستصبح الدول النامية هي أكبر مستهلك للطاقة، وبخاصة الطاقة الكهربائية، نتيجة لجهود التنمية التي يتوقع أن تشهدها تلك الدول. إلا أن نجاح الدول النامية في مواصلة جهود التنمية يتطلب توافر الطاقة بشكل مستقر وآمن وبأسعار معتدلة تضمن تفاعل كافة العناصر بشكل مربح. وفي ضوء التوقعات بعدم قدرة المعروض من الوقود الأحفوري على تلبية طفرة الطلب الذي يتوقع له أن يتضاعف خلال الفترة 2004-2030، فلن يكون أمام تلك الدول سوى البحث عن مصادر أخرى للطاقة. فإذا كانت الولايات المتحدة الأمريكية هي الآن أكبر ملوث للبيئة عالمياً باعتبارها أكبر

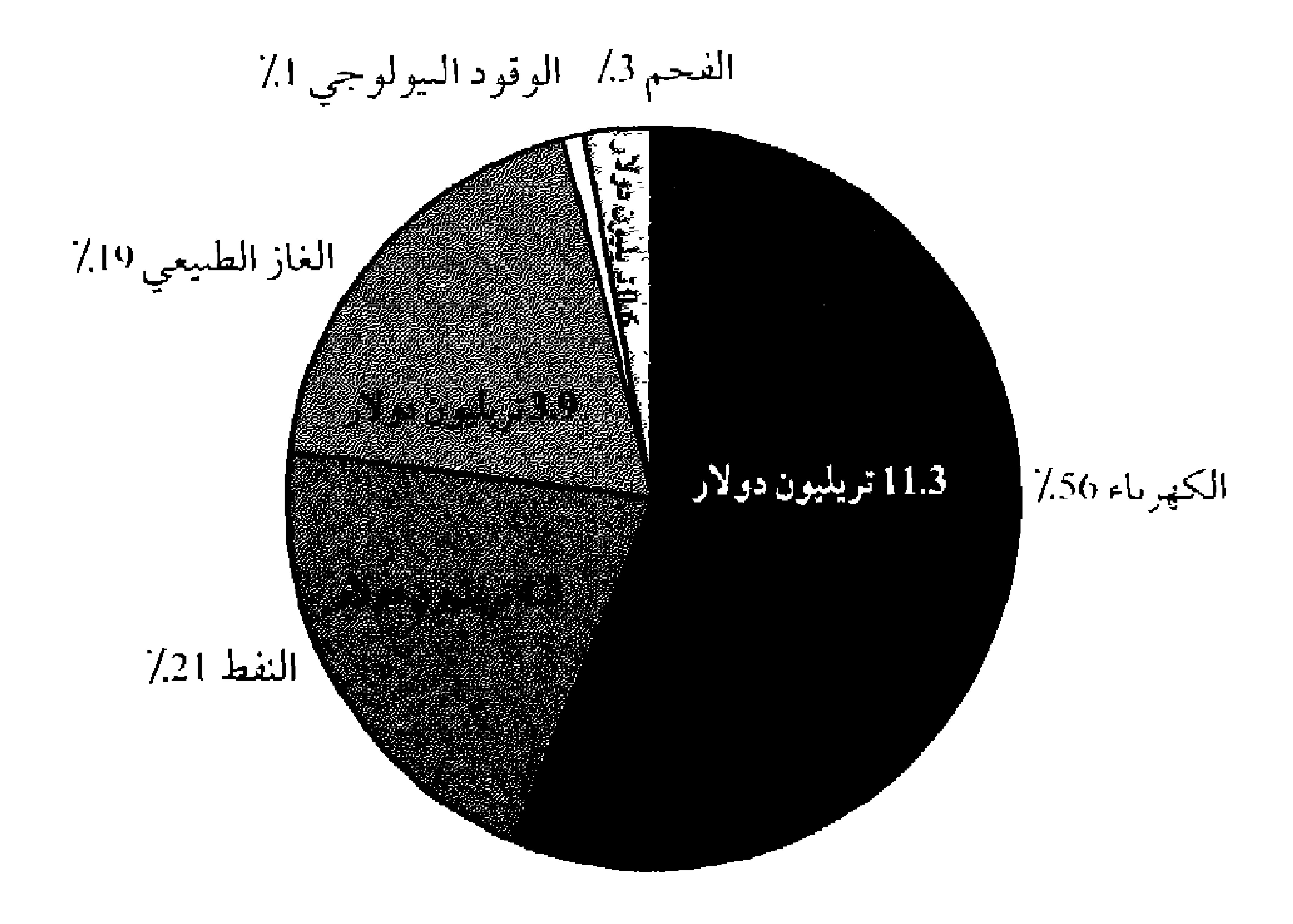
مستهلك للطاقة، فإن التوقعات تفيد بأنه ستكون هناك زيادة ضخمة في الانبعاثات الملوثة خلال العقدين القادمين، ويتوقع أن يصدر أغلبها من كل من الصين والهند.[6]

يضاف للتحديات السابقة تحديات أخرى منها أن أكثر من نصف الإنتاج العالمي من النفط يوجد في مناطق غير مستقرة، وبخاصة في الخليج العربي. وحتى الغاز الطبيعي، الذي يستخدم بكثافة في الوقت الراهن، فإن الاحتياطات العالمية منه محدودة ويتوقع لها الاستمرار لعقود قليلة.[7] ومن ثم فإن صناعة توليد الطاقة تواجه بتحدي نضوب المصادر الأحفورية، ناهيك عن زيادة التركز المستقبلي لتلك المصادر.[8] وفي ضوء تضاعف أعداد السكان عالمياً (وبخاصة في الصين والهند اللتين تشكلان حوالي 35٪ من سكان العالم) واتساع جهود التنمية الاقتصادية التي تتطلب وجود مصدر للطاقة لتغذيتها، فإن الاهتمام بكفاءة استخدام الطاقة والبحث عن مصادر بديلة يبدو ضرورياً، وبخاصة أن الاستهلاك العالمي من الطاقة ينمو بشكل أسرع بكثير من حجم الإنتاج،[9] ويهدد بتعجيل نهاية المصادر الأحفورية، كما أن ارتفاع أسعار الوقود الأحفوري وفرض رسوم وضرائب على الانبعاثات سيزيدان من التكلفة الرأسمالية في قطاع الطاقة.

في ضوء التحديات المشار إليها أعلاه، توقع تقرير عالمي مهم أن تصل جملة الاستثمارات في قطاع الطاقة عالمياً إلى أكثر من 20 تريليون دولار خلال الفترة 2005-2030 (الشكل 1-2)، بحيث يتوجه أكثر من 55٪ (11.3 تريليون دولار) منها نحو قطاع توليد الكهرباء، يليه قطاع النفط بحوالي 4.3 تريليونات دولار (21٪)، في حين سيتوجه الجزء الأقل (3٪ فقط) نحو الفحم، وربما تعكس تلك التحولات في مخصصات مصادر الطاقة المختلفة تنامي الاهتمام العالمي بقضايا البيئة.

الشكل (1-2)

الاستثمار التراكمي في قطاعات توليد الطاقة المختلفة (2005-2030)



المصدر: www.iea.org/textbase/country/graphs/weo_2006/gr2.jpg، *World Energy Outlook 2006*

ثانياً: التنمية المستدامة ودور الطاقة في إنجاز أهدافها

1. ماهية التنمية المستدامة

أكد ريتشارد سمولي -الحائز جائزة نوبل في الفيزياء والكيمياء- أن أهم عشر مشكلات تواجه العالم هي: «الطاقة، المياه، الغذاء، البيئة، الفقر، الإرهاب والحروب، الأمراض، التعليم، الديمقراطية، السكان». فإذا توافر ما يكفي من الطاقة، أصبح بالإمكان إنتاج المياه النظيفة، وإذا توافر الماء النظيف، يصبح إنتاج الغذاء أسهل بكثير، وستحل مشكلات الفقر والبيئة لأن الطاقة ترفع

مستويات المعيشة، وهذه بدورها تمكننا من إدارة البيئة بطريقة أفضل. إذاً كلمة السر هي الطاقة.[10]

وبنظرة تاريخية، يمكن القول بأن مصطلح التنمية المستدامة كان قد بدأ في التشكل والشيوع بنهاية الثمانينيات من القرن الماضي، حيث عرّفه تقرير لجنة بروندتلاند بأنها «التنمية التي تلبي احتياجات الحاضر دون اعتداء على قدرة الأجيال القادمة في تلبية احتياجاتها».[11] ومن ثم فإن الحديث عن استدامة مصادر توليد الطاقة ينطوي على أهمية كبرى في مجال التنمية المستدامة، نظراً لأن إنتاج واستهلاك الطاقة يمكن أن يؤثرا في مستقبل الأجيال القادمة.[12]

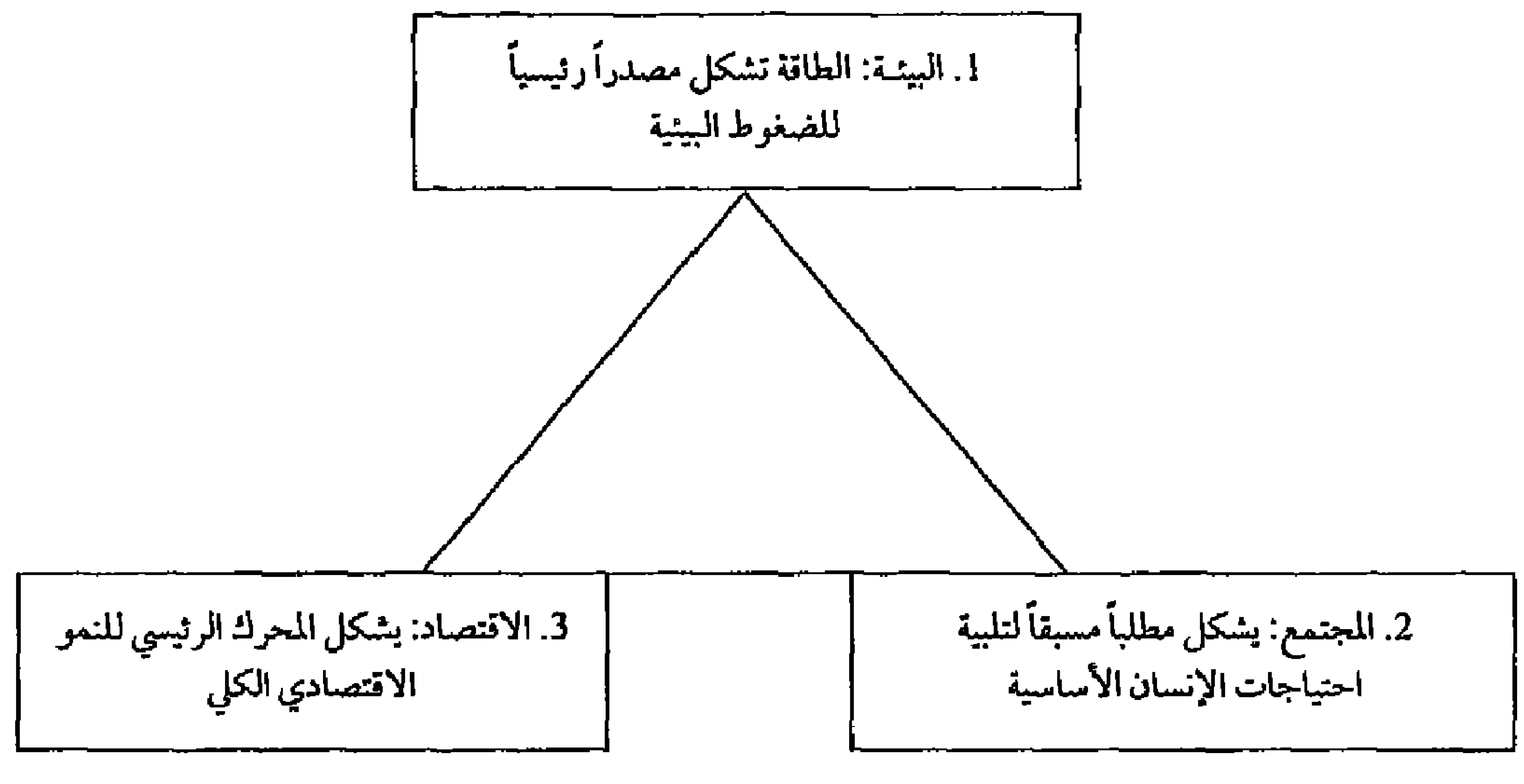
2. دور الطاقة في إنجاز أهداف التنمية المستدامة

إن التحدي الأكبر بالنسبة لعملية التنمية المستدامة يتمثل في معالجة وإنجاز أبعادها الثلاثة: الاقتصادية، والاجتماعية، والبيئية، بشكل متزامن ومتوازن من خلال الاستفادة من تفاعلها، وفي الوقت نفسه يتم تجنب سلبيات هذا التفاعل.[13] وهناك ثلاث طرق رئيسة تؤثر من خلالها الطاقة في التنمية المستدامة (الشكل 1-3): الطاقة باعتبارها مصدراً للمشكلات البيئية، والطاقة بوصفها محركاً رئيساً لعملية التنمية الاقتصادية الكلية، والطاقة باعتبارها آليةً يمكن بها تلبية احتياجات الإنسان الأساسية. فهذه الطرق الثلاث ترتبط برؤوس مثلث التنمية المستدامة (الاقتصاد والمجتمع والبيئة). ولهذا فإن الطاقة تشكل نقطة مركزية في أي حوار حول التنمية المستدامة، لأنها بمنزلة المركز للمحاور الثلاثة للتنمية المستدامة.[14]

وإذا ما حاولنا التعرف على علاقة الارتباط بين الطاقة وأبعاد التنمية المستدامة، يمكن القول بأنه، في الشق الاقتصادي، تلعب الطاقة دوراً حاسماً في مجال التنمية الاقتصادية من خلال تحويل الموارد إلى سلع وخدمات نافعة. ولهذا، ليس من العجب أن نجد علاقة ارتباط قوية ما بين جودة وكم الطاقة التي يستخدمها القطر وحجم اقتصاد ذلك القطر. ولهذا، فإن الاقتصادات الكبرى مثل الولايات المتحدة الأمريكية والصين واليابان تستخدم المزيد من الطاقة مقارنة بالدول الصغيرة. ولهذا خلص البعض إلى أن زيادة مستويات المعيشة المادية في الدول الأكثر فقراً -وهذا أحد المحاور الرئيسية للتنمية المستدامة- تستلزم مضاعفة حصتها من الطاقة.[15]

الشكل (1-3)

الطاقة والتنمية المستدامة (علاقة ارتباط عميقة وقوية)



المصدر:

Adil Najam & Cutler J. Cleveland, "Energy and Sustainable Development at Global Environmental Summits: An Evolving Agenda" *Environment, Development and Sustainability* vol.5, no.1-2 (March, 2003): 119.

أما فيما يختص بالشق الاجتماعي للتنمية المستدامة، فإن قيام مشروعات للطاقة بصفة عامة في بلد ما، يرفع من مستوى التنمية البشرية والمعارف العلمية، وهو ما يؤدي إلى بناء جيل عالي التأهيل من القوى العاملة التي تحصل على أعلى المداخيل والأرباح. ولهذا ذهب البعض إلى القول بأن توفير الطاقة يشكل في حقيقة الأمر توفيراً لحاجة من حاجات الإنسان الأساسية،[16] كما أن الاستمرار في تطوير علوم وتقنيات الطاقة سيضيف إلى الرصيد الإنساني كفاءات وتقنيات ومعارف جديدة. كل هذا سيؤدي إلى تطوير وميلاد مواد وتقنيات جديدة، ومعها تنمو مهارات جديدة، وهو ما سيصب في النهاية في تطور الأوضاع الاجتماعية للقطر المطور والمستفيد من هذه الصناعة.[17]

ويعتبر توافر الطاقة ضرورة لضمان مستويات معيشية مقبولة مع توفير الغذاء والماء والرعاية الصحية والتعليم والتوظيف، وكل هذه المزايا يستحيل تحقيقها في غياب الطاقة. فعلى سبيل المثال، إن الطاقة المتاحة تعتبر محدداً لكمّ الغذاء وكيفية إنتاجه وطهوه، والانعكاسات الصحية لكيفية طهو الغذاء، والوقت المستغرق لتدبير الطاقة للمنزل...الخ. ولهذا فإن هناك علاقة ارتباط إيجابية بين حصة الفرد من الطاقة والعديد من المؤشرات الاجتماعية، وهو ما أكده تقرير التنمية البشرية الصادر عن برنامج الأمم المتحدة الإنمائي.[18]

أما فيما يختص بالشق البيئي في التنمية المستدامة، فتشير الدراسات[19] إلى أن التقنيات المستخدمة حالياً في توليد الطاقة -وبرغم ما طرأ عليها من تطور- لا تخدم تحقيق أهداف التنمية المستدامة، بدليل استمرار تدمير البيئة من خلال الانبعاثات الكربونية. إذاً، الطاقة أداة لتحقيق التنمية المستدامة في شقيها الاقتصادي والاجتماعي، وهي في الوقت نفسه أداة لإعاقة التنمية المستدامة في الشق البيئي.

ويتطلب حل هذا التناقض أن تتبنى الحكومات والمنظمات الدولية السياسات الكفيلة بإحداث التوازن بين المحاور الثلاثة للتنمية المستدامة.[20]

فالصين مثلاً، بوصفها أكبر مستهلك للطاقة في العالم بعد الولايات المتحدة الأمريكية وأكبر دول العالم استهلاكاً للفحم، عرضة لمواجهة مشكلات بيئية جمة. فقد استهلكت 23.7 مليون طن من الفحم عام 1997 وترتب على ذلك تلوث حوالي 30٪ من الأراضي الصينية بحوالي 23.7 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون والأمطار الحمضية، ويتوقع لتلك الملوثات أن تبلغ 39 مليون طن عام 2020 و43 مليون طن عام 2050، إلا إذا اتخذت الصين تدابير للتعديل في حصص مصادر توليد الطاقة.[21]

ثالثاً: دور الطاقة النووية في إنجاز أهداف التنمية المستدامة وبروتوكول كيوتو

يذهب الكثير من الدراسات إلى أن الطاقة المولدة نووياً يمكنها أن تضمن تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية، وفي الوقت نفسه تضمن الحماية للبيئة، وهو ما يمكّن المجتمع في النهاية من مواصلة عملية التنمية، وكذلك وضع أهداف بروتوكول كيوتو موضع التنفيذ.

1. الطاقة النووية وإنجاز أهداف التنمية المستدامة

تعرضت لجنة الأمم المتحدة المعنية بالتنمية المستدامة لمسألة الطاقة لأول مرة خلال اجتماعها الرابع عام 2001، وانتهت إلى أن اختيار الطاقة النووية يبقى أمراً متروكاً للدول المعنية، ووضعت موضوع الطاقة على قمة جدول أعمالها في

الاجتماعين الرابع عشر والخامس عشر، كما أكدت القمة العالمية بشأن التنمية المستدامة عام 2002 هذا المفهوم.[22]

ويمكننا إجمال وتحليل أهم ما كتب بشأن دور الطاقة النووية في إنجاز أهداف التنمية المستدامة من خلال نقاط محددة، وذلك على النحو التالي:

أ. إذا كان الهدف الأساسي من التنمية المستدامة هو الحفاظ على الأصول الطبيعية والاجتماعية التي صنعها الإنسان -أو زيادتها- وجعلها متاحة للأجيال القادمة، فإن الطاقة النووية توسع من قاعدة الموارد الطبيعية المستخدمة في إنتاج الطاقة، كما أنها ترفع من مستوى رأس المال البشري؛ فمشروعات الطاقة النووية والمعرفة العلمية والبنية الأساسية المؤسسية التي تدعمها يمكن أن تبني أصولاً للأجيال القادمة.[23]

ب. أكدت دراسة مهمة[24] لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية أن الطاقة النووية تعتبر عاملاً حاسماً في تحقيق التنمية الاقتصادية والازدهار (والتجربة الفرنسية خير مثال)، في حين ترتب على التوسع في استخدام مصادر الطاقة الأحفورية أضرار مؤكدة على الصحة الإنسانية والنباتية والحيوانية والبيئة عامة. ومن ثم ينبغي التحكم في هذه المخاطر حتى نضمن تحقيق أهداف التنمية المستدامة من خلال التوسع في تطبيقات التقنية النووية.

جـ. انتهى البعض إلى أن التوسع في مشروعات الطاقة النووية ذات الأغراض السلمية يشكل خياراً لا مفر منه إذا كنا ننشد استدامة عملية التنمية. فالمتوقع في عام 2020 وصول كافة مصادر توليد الطاقة إلى أقصى طاقتها الإنتاجية

باستثناء الطاقة النووية، ولهذا إذا رغبت الصين أو الهند في تجنب الزيادة الدراماتيكية في وارداتها من النفط والغاز، فإنه ليس أمامهما سوى تشجيع مشروعات توليد الطاقة من المصدر النووي أو المصادر المتجددة. فالطاقة النووية تعتبر خياراً متفرداً من منظور التنمية المستدامة لأنها تمكن من توليد كميات كبيرة من الطاقة دون انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وفي الوقت نفسه تلبي متطلبات السوق،[25] وذلك بشرط ضمان عنصرَي المخاطرة والأمن، إذ بافتقادهما تحدث كارثة وتتعطل التنمية.

د. توصل تقرير مهم إلى أن محطات الطاقة النووية وعمليات تدوير المخلفات تنطوي على آثار محدودة على البيئة؛ فالانبعاثات الإشعاعية من أنشطة التوليد النووية محدودة للغاية، والسبب في ذلك أن معايير واشتراطات الأمان قد تمت تقويتها بشكل مستمر بعد أن استوعِبت الدروس من حادثي الجزر الأمريكية عام 1979، وتشيرنوبل عام 1986. ومن ثم، فإن المخاطر المحتملة من الحوادث النووية يمكن خفضها بشكل أكبر من خلال المزيد من التطوير التقني والتدريب للعناصر البشرية على التعامل مع الحوادث الطارئة، مع تشديد القواعد والإجراءات الحاكمة لهذه الصناعة. فدول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية هي أكثر دول العالم تقدماً، ولو كانت المحطات النووية غير مجدية ما كان يمكن أن نتوقع لها مكاناً في عالم المتقدمين.[26]

هـ. هناك جدل عالمي دائر حالياً حول استخدام الإيثانول بديلاً للنفط، والحقيقة هي أنه حتى لو استخدم الإنتاج العالمي بأكمله من قصب السكر أو حبوب الذرة فلا يمكن أن يغني ذلك عن الاحتياج إلى مصادر الطاقة الأخرى،

ناهيك عن المشكلات الاجتماعية والغذائية الأخرى التي ستخلقها. فالبرازيل توجهت نحو إنتاج الوقود من الإيثانول، حتى أصبح 8 من كل 10 سيارات تسير في البرازيل تعمل بوقود الإيثانول، وبخاصة أن سعر الجالون من الإيثانول يعادل نصف سعر جالون البنزين العادي. ولهذا أعلن الرئيس الأمريكي في مطلع 2007 عن استراتيجية أمريكية للتوجه نحو الإيثانول والتخلي عن النفط. ولكن الكثيرين انتقدوا هذا التوجه لكثير من الاعتبارات في مقدمتها أن هذا التوجه سيأتي على حساب احتياجات الملايين من الغذاء (وظاهرة ارتفاع أسعار الغذاء عالمياً هي خير رد على هذا التوجه)، حيث ستخصص ملايين الأفدنة لزراعة الذرة أو القصب لغرض واحد وهو توليد الطاقة، ومن ثم سيقل المعروض من المنتجات الزراعية المختلفة، وهو توجه لا يصب في اتجاه إنجاز أهداف التنمية المستدامة.[27]

و. رداً على من يدعون مساهمة الطاقة المتجددة في القضاء على المشكلة، تؤكد البيانات الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة الذرية أن حصة مصادر الطاقة المتجددة من الإنتاج والاستهلاك العالميين للطاقة لم تتعد 14٪ عام 2002، ويتوقع لها ألا تتعدى هذه النسبة بحلول عام 2030، بينما تتوقع الوكالة نمو الطلب على الطاقة بأكثر من 60٪، ومن ثم فالطاقة المتجددة لا يمكنها أن تحل إلا جزءاً ضئيلاً من المشكلة، وإن كان يحسب لها أنها طاقة نظيفة وخالية من المخاطر وغير ناضبة مثل مصادر الطاقة الأخرى، بما فيها المصدر النووي. ولهذا، توجهت الأنظار بحثاً عن مصدر قابل للتطور والتوسع لتلبية ذلك الطلب، ويضمن في الوقت نفسه الحد من الانبعاثات الملوثة للبيئة، ولم يتبق من خيار سوى الخيار النووي القادر على تلبية هذا التوسع على مدى 50 عاماً

أو 100 عام قادمة. ولهذا بات من الصعب تجاهل الخيار النووي ونحن نفكر في المستقبل.[28]

ز. توفر الطاقة النووية فرص عمل للعاملين في المحطات، ولشبكة كبيرة من المتعاملين مع هذه الصناعة، ولمقدمي الخدمات أيضاً. وفي ظل هذا التصور، يتم استثمار مئات الملايين من الدولارات سنوياً في المجتمعات المحيطة بالمحطات النووية. فمشروعات الطاقة النووية في أوربا، على سبيل المثال، توفر حوالي 400 ألف فرصة عمل متميزة، وهو ما يسهم في حل مشكلات البطالة.[29]

ح. وأخيراً، فإن الطاقة النووية لا يقتصر استخدامها على توليد الكهرباء، بل تتعدد استخداماتها بما يضمن إنجاز الأهداف الاقتصادية والاجتماعية للتنمية المستدامة. ففي العقود الخمسة الماضية، توسعت استخدامات هذه الصناعة لخدمة الأغراض التنموية، وبخاصة في مجالي الطب والزراعة؛ كما تستخدم الطاقة النووية في صناعات إدارة المياه، وقياس جودتها، وتنقية مياه البحار، كما تعتمد دراسات التلوث الهوائي على التقنيات النووية لتحديد مكونات هذه الملوثات ومصادرها.[30]

من منطلق العرض السابق، تبدو الطاقة النووية خياراً صائباً وقادراً على إنجاز مختلف أهداف التنمية المستدامة، على المستويين المحلي والعالمي، إلا أنه برغم كل تلك السمات، فإن مشروعات الطاقة النووية لا يمكن أن تشكل بمفردها حلاً لمشكلة التغيرات المناخية أو أداة لتحقيق التنمية المستدامة، ولكنها يمكن أن تكون جزءاً فاعلاً لا يمكن استبعاده في أي حل يمكن التوصل إليه.

2. دور الطاقة النووية في إنجاز أهداف بروتوكول كيوتو

توصلت دول العالم إلى ما يطلق عليه "بروتوكول كيوتو" في مدينة كيوتو اليابانية في نهاية عام 1997، ودخل حيز النفاذ في شباط/ فبراير 2005، وكان هدفه الحد من التغيرات المناخية. كما انطوى على آليات لتطوير وحماية البيئة، إذ أكد التزام الدول المتقدمة (العليا في معدلات التلويث للبيئة على مستوى العالم) بالحد من الانبعاثات الغازية الملوثة خلال فترة التعهد الأولى (2008-2012)، كما تبنت مختلف الدول سياسات مختلفة للاستجابة للحدود التي وضعها ذلك البروتوكول.[31]

وقد أصبح بروتوكول كيوتو الآن اتفاقاً ملزماً للدول الموقعة عليه، والتي بلغ عددها 141 دولة، مع ملاحظة أن أكبر الدول تلويثاً في العالم لم تنضم بعد لهذا الاتفاق، ونقصد هنا الولايات المتحدة الأمريكية والصين والهند. وقد جاء هذا الاتفاق بهدف وضع أسس، يتم بناءً عليها تخفيض الانبعاثات الكربونية إلى مستويات محددة، وخلال فترات زمنية معينة، حيث يكمن الهدف النهائي للبروتوكول في خفض الانبعاثات الكربونية الملوثة إلى 5٪ من مستويات التلوث عام 1990. إلا أن تحقيق هذا الهدف الطموح سيفرض تكاليف إضافية على الدول، حيث إنها مطالبة إما بالتخفيض المستمر في اعتمادها على الوقود الأحفوري الملوث، أو أن تطور تقنيات التوليد بهدف الحد من الانبعاثات الضارة. فالفحم -ويستحوذ على حوالي 40٪ من نسبة الملوثات عالمياً- لايزال يشكل مصدراً رئيسياً لتوليد الطاقة الكهربائية على مستوى العالم. والتحول من الفحم إلى الغاز الطبيعي، يمكن أن يوفر حلاً جزئياً للمشكلة، لكن الغاز، وفقاً لأحجام الإنتاج والاحتياطات العالمية، مورد

نادر وناضب لأنه متوافر بكميات محدودة. كما أن المصادر المتجددة يمكن أن توفر بدائل تدعم إنجاز أهداف بروتوكول كيوتو، ولكنها لا يمكنها أن توفر الطاقة بأحجام كبيرة، ولاسيما في الدول النامية المتعطشة إلى الطاقة، ناهيك عن تكلفتها الباهظة التي لا تقل عن التكلفة في مشروعات الطاقة النووية.[32]

ولهذا كان التساؤل المهم خلال صياغة البروتوكول هو: ما أهم الآليات التي يمكن أن تدعم جهود حماية البيئة؟ وكان السؤال بالتحديد حول مدى أهلية الطاقة النووية للقيام بهذا الدور. فبعض الدول، مثل إندونيسيا وسنغافورة والفلبين، رفضت أن يكون للطاقة النووية دور في إنجاز بروتوكول كيوتو، كما تبنت بعض دول الاتحاد الأوربي (مثل ألمانيا) هذا التوجه بشكل غير مباشر،[33] إلا أن الكثير من الدراسات القيمة والحديثة أكدت أن صناعة الطاقة النووية تقدم نفسها كخيار أساسي لإنجاز أهداف بروتوكول كيوتو. وعلى سبيل المثال، خلال الفترة 1973–2003 ترتب على استخدام الطاقة النووية خفض الانبعاثات الكربونية بحوالي 80 مليون طن، وأكاسيد النيتروجين بحوالي 40 مليون طن. ووفقاً لبيانات وزارة الطاقة الأمريكية عام 1999، تبين أن الفضل يرجع إلى الاعتماد على الطاقة النووية في تجنب أغلب الانبعاثات الكربونية التي تم تجنبها خلال العشرين عاماً الماضية.[34] وفي فنلندا، لولا وجود المفاعلات النووية الأربعة لكانت مستويات ثاني أكسيد الكربون ضعف مستواها الحالي. وعليه، فقد أثبتت الدراسات التي أجرتها وزارة الصناعة الفنلندية أن استخدام الطاقة النووية، بالإضافة إلى الطاقة المتجددة، يعتبر أفضل وسيلة للوصول إلى المستويات التي يهدف إليها بروتوكول كيوتو.[35]

وفي دراسة لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية حول الطاقة النووية وعلاقتها ببروتوكول كيوتو، تبين أن الطاقة النووية في دول المنظمة لعبت بالفعل دوراً رئيسياً في خفض كمية الانبعاثات الغازية المتولدة عن قطاع الطاقة خلال الأربعين عاماً الماضية. ففي غياب الطاقة النووية كان يمكن للانبعاثات الكربونية أن تكون أعلى بمعدل الثلث من المستويات الحالية، وهذا يعني أننا بصدد ادخار سنوي بحوالي 1200 مليون طن من الانبعاثات الكربونية، أي ما يعادل حوالي 10٪ من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. إلا أن بروتوكول كيوتو يستهدف أن تخفض دول المنظمة سنوياً الانبعاثات بحوالي 700 مليون طن خلال الفترة 2008– 2012. وإذا استمرت المحطات النووية القائمة في دول المنظمة في عملها خلال العقد القادم، فإن ذلك سيؤدي إلى خفض سنوي في الانبعاثات بحوالي 1200 مليون طن، وسيكون ذلك كافياً لإنجاز المستويات التي حددها بروتوكول كيوتو.[36]

غير أن التوسع في هذه الصناعة سيترتب عليه تراكم المزيد من المخلفات النووية التي قد تخلق مخاطر بيئية، ولهذا فإن تطوير تقنيات التوليد والمعالجة والتدوير النووية سيشكل نقطة فارقة في مستقبل هذه الصناعة.[37]

الفصل الثاني

صناعة الطاقة النووية:
واقعها وجدواها وأهم انتقاداتها

شهدت صناعة الطاقة النووية السلمية تطورات كبيرة خلال نصف القرن المنصرم، وأصبحت تستخدم في الأغراض العلمية والطبية والجيولوجية والزراعية والصناعية والفضائية...الخ. إلا أن دراستنا تركز على استخدام الطاقة النووية في توليد الكهرباء. والهدف من هذا الفصل هو وضع واقع هذه الصناعة والتطورات التي طرأت عليها أمام متخذ القرار الخليجي وهو في مرحلة التخطيط لدخول عالمها. وبناء عليه عرضنا ذلك من خلال مناقشة ثلاث نقاط أساسية، وهي: أولاً، واقع صناعة الطاقة النووية؛ وثانياً، جدوى مشروعات الطاقة النووية اقتصادياً وبيئياً؛ وثالثاً، انتقادات صناعة الطاقة النووية وردود أنصارها عليها.

أولاً: واقع صناعة الطاقة النووية

1. تطور الاهتمام بصناعة الطاقة النووية

سعت المجتمعات في سبيل تغلبها على مشكلة الطاقة للبحث عن مصادر مختلفة، ولهذا تنوعت مصادر توليد الطاقة حسب الميزة النسبية لكل بلد، فالدول التي تذخر بالفحم اعتمدت بشكل أكبر على الطاقة المتولدة من الفحم، والدول التي تذخر بالغاز أو النفط (كدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية) اعتمدت بشكل

أساسي عليهما في توليد الطاقة، والدول التي تكثر بها الشلالات المائية اعتمدت بشكل كبير على الطاقة المتولدة من تساقط المياه... وهكذا. ولهذا نجد أنفسنا أمام أكثر من ستة مصادر رئيسة لتوليد الطاقة الكهربائية، ولكن نظراً لنقاط الضعف التي تشوب مختلف المصادر التقليدية، بدأ الإنسان التفكير في توليد الطاقة من المفاعلات النووية إلى جانب المصادر التقليدية والمتجددة.

وبصفة عامة، بدأت الأبحاث في مجال الذرة عام 1895، وكان التركيز حتى عام 1945 على إنتاج القنبلة النووية، إلا أنه منذ عام 1945 بدأ التفكير في استخدام سلمي لهذا المصدر، وبخاصة بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية، وتنامي التوجهات التنموية لتعمير ما دمرته الحربان العالميتان.[1] وكان التحول الأكبر في مسار هذه الصناعة بعد خطاب الرئيس الأمريكي أيزنهاور أمام الجمعية العامة للأمم المتحدة (كانون الأول/ ديسمبر 1953)، والذي أتى تحت عنوان "الذرة من أجل السلام"؛ حيث أكد أن تلك التقنية التي تم التوصل إليها من أجل الدمار يمكن توظيفها لخدمة البشرية، ولإسعاد الإنسان وليس لتدميره.

منذ ذلك الحين، وعلى مدى 50 عاماً، تطورت تقنيات هذه الصناعة، وترتب عليها تحسين الحياة لملايين البشر من خلال ابتكار طرق جديدة للعلاج، ناهيك عن دورها في توفير الطاقة، مما أسهم في دعم عملية التنمية الاقتصادية للكثير من البلدان.[2] ثم تضافرت الجهود بعد ذلك، وبخاصة بعد إنشاء الوكالة الدولية للطاقة الذرية في تشرين الأول/ أكتوبر 1957، بهدف أساسي وهو تشجيع الاستخدام السلمي للطاقة النووية ومنع انتشار السلاح النووي.[3]

وقد تم توليد الطاقة الكهربائية لأول مرة من مفاعل نووي عام 1951 في الولايات المتحدة. وفي عام 1954 أنشأ الاتحاد السوفيتي أول محطة نووية لإنتاج الطاقة الكهربائية، ثم أنشأت بريطانيا عام 1956 أول محطة تجارية لإنتاج الكهرباء باستخدام التقنية النووية، ثم شهدت هذه الصناعة طفرة كبرى منذ ذلك الحين. ويعزى الفضل الأكبر للتطور التقني، إذ بات الكثير من دول العالم (وبخاصة المتقدمة منها) يعتمد جزئياً على الطاقة النووية في إنتاج الكهرباء؛[4] حيث توفر الطاقة النووية حوالي 16٪ من احتياجات العالم من الكهرباء، و25٪ من احتياجات دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. ولم تعد صناعة الطاقة النووية للأغراض السلمية نشاطاً محصوراً في يد الحكومات، بل باتت الآن صناعة تتحكم فيها شركات كبرى خاصة تبحث عن الربح في منافسة كبيرة لاستقطاب المستهلكين في كل مكان في العالم. وكان أول مفاعل تولاه القطاع الخاص في الولايات المتحدة عام 1995. [5]

وقد ترتب على أزمة النفط في مطلع السبعينيات توجه الأنظار بقوة نحو الطاقة النووية، إذ تعددت طلبات إنشاء مفاعلات نووية سلمية لإنتاج الطاقة، وكان أغلب تلك الطلبات في دول أوربا الغربية وأمريكا الشمالية. ففي عام 1973 فقط تم إنشاء 41 محطة نووية في الولايات المتحدة الأمريكية، وفي عام 1979 تم إنشاء 72 محطة نووية وفرت 12٪ من احتياجات الولايات المتحدة من الطاقة الكهربائية.[6]

وفي المقابل، تراجع الاهتمام بإنشاء المفاعلات النووية خلال الفترة منذ منتصف الثمانينيات وحتى مطلع الألفية الثالثة، بفعل تراجع أسعار النفط، وهو ما اضطر الكثير من شركات صناعة الطاقة النووية إلى التخلي عن أغلب عمالتها الماهرة، وإغلاق الكثير من خطوطها الإنتاجية. فشركة وستنج هاوس (أكبر شركة عاملة في هذه الصناعة) لم تتلق خلال الـ 25 عاماً الماضية سوى طلب واحد. كما أن شركة

فراماتوم الفرنسية لم تتلق على مدى عقد كامل سوى الطلب الخاص بالمفاعل الفنلندي.[7] وكان من بين عوامل تراجع صناعة الطاقة النووية منذ الثمانينيات التوقعات التي أعلن عنها الرئيس الأمريكي السابق جيمي كارتر أواخر السبعينيات، بأن حوالي 20٪ من احتياجات الولايات المتحدة من الكهرباء ستتم تغطيتها من السولار بحلول عام 2000.[8] كما كان التراجع في مسيرة هذه الصناعة وليد اعتبارات أخرى في مقدمتها اعتبارات الأمان النووي (وبخاصة بعد حادث تشيرنوبل الذي مثّل ضربة قاصمة لها)، والمخاوف من إساءة استخدامها في أغراض غير سلمية، كل ذلك أشبع الرأي العام بخطر التوسع في هذه الصناعة.

ومع ذلك، فقد تجدد الاهتمام بصناعة الطاقة النووية مؤخراً نتيجة عديد من العوامل، وأهمها: ارتفاع أسعار النفط، وتعاظم مخاطر الاحتباس الحراري الناتجة من حرق الوقود الأحفوري، وخاصة النفط والفحم، وتطور التقنيات النووية، وزيادة مستويات الأمان النووي. وفي هذا السياق تزايدت مرة أخرى الطلبات لإنشاء مفاعلات نووية لإنتاج الطاقة، ولكن أغلبها قادم من الدول النامية والحديثة التصنيع، وبخاصة في آسيا.[9]

2. أجيال المفاعلات النووية

مرت المفاعلات النووية منذ ظهورها وإلى الآن بثلاثة أجيال، فالجيل الأول أنجز في نهاية خمسينيات القرن العشرين، أما الجيل الثاني فهو الجيل القائم إلى الآن، والذي يعمل في الكثير من الدول النووية. أما الجيل الثالث وهو جيل جديد أكثر تقدماً فهو يعمل باستخدام الماء الخفيف، وقد صمم في تسعينيات القرن العشرين، إلا أنه لم ينجح بشكل كبير في الولايات المتحدة، ولكنه يعمل بكفاءة في مناطق أخرى

من العالم، وبخاصة في آسيا. ويتم التفكير حالياً في الجيل الرابع من المفاعلات، الذي يهدف إلى توليد الطاقة بأسعار تنافسية تصل إلى 3 سنتات (من الدولار الأمريكي) لكل كيلوواط ساعي، وفترة عمل لا تقل عن 60 عاماً، ومعايير سلامة وأمان أعلى من المستويات القائمة حالياً. كما يستهدف الجيل الرابع الارتقاء بفنون الصيانة، بحيث تكون أقل اعتماداً على العنصر البشري، وتتم في وقت أقل.[10]

وتتضافر الجهود الدولية بين الجهات والشركات والدول المعنية بهدف تطوير ذلك الجيل الرابع من المفاعلات، وهناك 13 دولة منها الصين وروسيا تعمل بجدية في هذا الاتجاه.[11] كما تمول وزارة الطاقة الأمريكية برنامجاً لتشغيل وتصنيع الجيل الرابع للمفاعلات النووية، الذي يفترض أن يبدأ تنفيذه خلال 2010–2020.[12]

وتعتبر المفاعلات التي تبرد وتهدّأ بالماء الخفيف الأكثر والأوسع انتشاراً، فهي تساهم بإنتاج أكثر من 86٪ من الكهرباء المولدة نووياً في العالم.[13] وقد انتهت دراسة مهمة[14] إلى توصية بأنه على حكومة الولايات المتحدة، وعلى الدول الأخرى التي تسعى إلى الدخول في هذه الصناعة، أن تعطي الأولوية لتطوير مفاعلات الدورة الواحدة للوقود، لأن مفاعلات دورة الوقود المغلقة أكثر تكلفة، وبخاصة في ظل توافر اليورانيوم بأسعار معقولة واحتمالات استمرار ذلك لعقود عديدة قادمة.

3. حصة الطاقة النووية من السوق العالمية للطاقة

تؤكد أحدث الدراسات المتاحة[15] أنه يوجد على مستوى العالم حالياً 436 محطة نووية تعمل بالفعل (الجدول 2-1)، كما أن هناك 44 مفاعلاً قيد الإنشاء. وتستحوذ الولايات المتحدة الأمريكية على نصيب الأسد بالنظر إلى عدد المفاعلات العاملة

(104 مفاعلات) تليها فرنسا (59) واليابان (53) وروسيا (31) وكوريا الجنوبية (20). أما المفاعلات قيد الإنشاء فأغلبها في آسيا، فهناك 11 مفاعلاً قيد الإنشاء في الصين وحدها، و6 مفاعلات قيد الإنشاء في الهند، و5 مفاعلات قيد الإنشاء في كوريا الجنوبية، ومفاعلان قيد الإنشاء في اليابان.

وبصفة عامة، تشير مختلف الدراسات إلى أن الطاقة النووية تستحوذ على حوالي 15٪ من السوق العالمية لتوليد الكهرباء، كما يوضح الجدول (الجدول 2-1)، وأن الدول الغربية (وبخاصة دول أوربا الغربية وروسيا والولايات المتحدة الأمريكية واليابان) هي الأكثر استخداماً للطاقة النووية، في مقابل استخدام محدود لها في الدول النامية بسبب ضعف الإمكانات المادية والتقنية والبشرية، وكذلك نتيجة لتوافر مصادر توليد الكهرباء التقليدية كالفحم والنفط والغاز والمياه، مع ضعف القدرات المادية على بناء مفاعلات.

الجدول (2-1)

واقع صناعة الطاقة النووية في عينة من الدول (2007-2009)

الدولة	الوحدات العاملة 2009/4/1		الكهرباء المولدة نووياً 2007		مفاعلات قيد الإنشاء إبريل 2009	أطنان اليورانيوم المطلوبة عام 2009
	العدد	ميجاواط كهربائي	مليار كيلوواط في الساعة	النسبة إلى إجمالي توليد الكهرباء (٪)		
الأرجنتين	2	935	6.7	6.2	1	122
بلجيكا	7	5,728	46	54	0	1,002
البرازيل	2	1,901	11.7	2.8	0	308
كندا	18	12,652	88.2	14.7	2	1,670

الصين	11	8,587	59.3	1.9	11	2,010
التشيك	6	3,472	24.6	30.3	0	610
فنلندا	4	2,696	22.5	29	1	446
فرنسا	59	63,260	428.7	77	1	10,569
ألمانيا	17	20,339	133.2	26	0	3,398
الهند	17	3,779	15.8	2.5	6	961
اليابان	53	46,236	267	27.5	2	8,388
كوريا الجنوبية	20	17,716	136.6	35.5	5	3,444
روسيا	31	21,743	148	16	8	3,537
إسبانيا	8	7,448	52.7	17.4	0	1,383
السويد	10	9,016	64.3	46	0	1,395
أوكرانيا	15	13,168	87.2	48	0	1,977
المملكة المتحدة	19	11,035	57.5	15	0	2,059
الولايات المتحدة	104	101,119	806.6	19.4	1	18,867
الإجمالي العالمي	**436**	**372,203**	**2608**	**15**	**44**	**65,405**

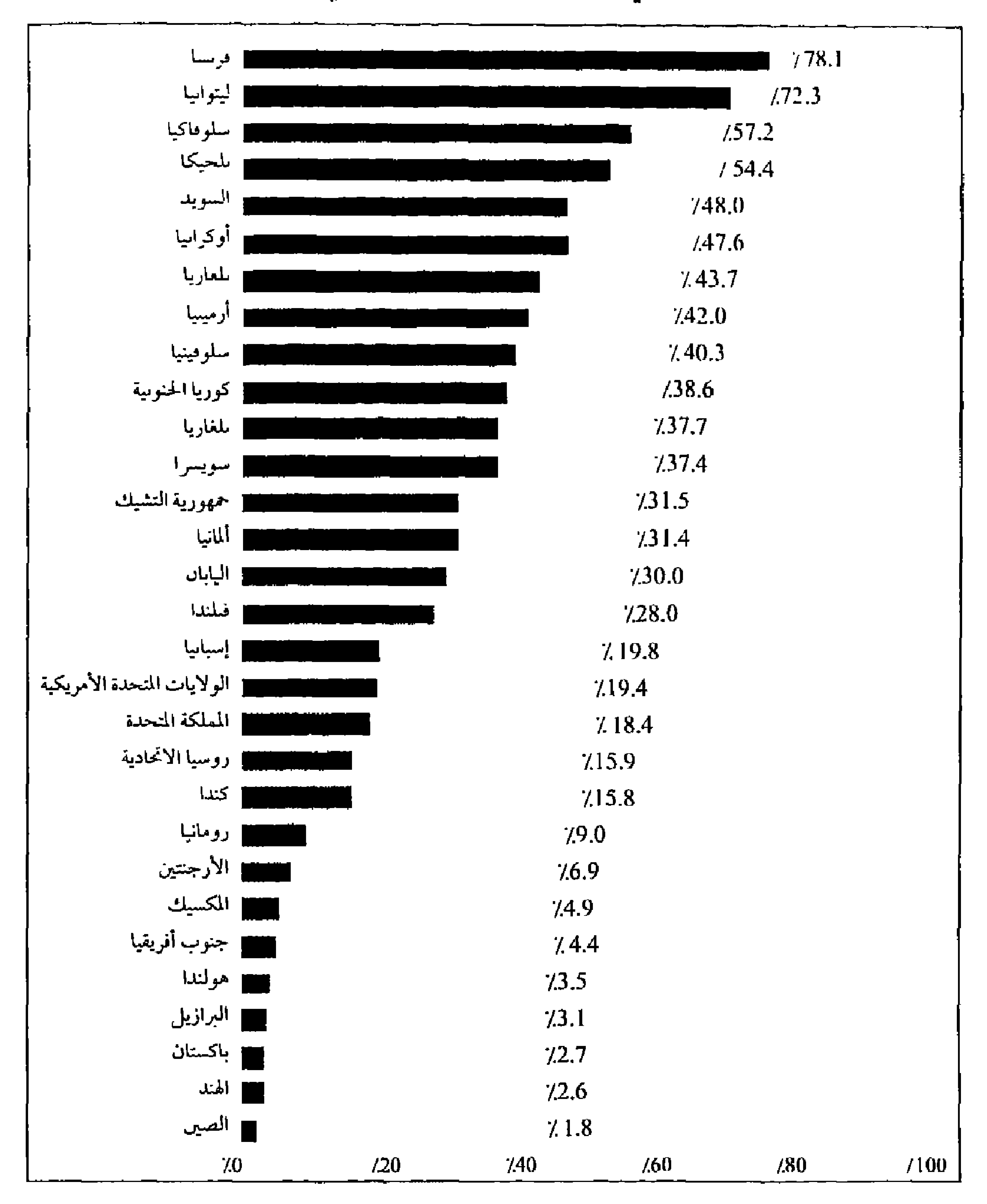
المصدر:

WNA to 1/4/09. IAEA- for nuclear electricity production & percentage of electricity (%e) 5/08. WNA: Global Nuclear Fuel Market (reference cenario)- for U. <www.world-nuclear.org/info/reactors.html> (بتصرف).

وعليه، تعمل أغلب المحطات القائمة حالياً في الدول المتقدمة والصناعية، 79٪ منها في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، و12٪ في روسيا ودول شرق أوربا، و8.6٪ في الدول النامية غير الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية. وفي المقابل، تستحوذ الدول النامية على حوالي 58٪ من المفاعلات قيد الإنشاء، في حين تبلغ حصة دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية منها حوالي 12٪، أما روسيا ودول أوربا الشرقية فتبلغ حصتها من المفاعلات قيد الإنشاء حوالي 29٪.[16]

الشكل (2-1)

حصة الطاقة النووية من إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة في عدد من الدول (2007)



المصدر:

International Atomic Energy Agency, Department of Nuclear Energy <www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/RDS1_flash_charts.shtml>

وبالنظر إلى أكثر الدول اعتماداً على الطاقة النووية، كما يوضح الجدول (2-1)، نجد أن أكبر 10 دول تعتمد على الطاقة النووية في توليد الكهرباء هي إما دول صناعية متقدمة تتصدرها الولايات المتحدة الأمريكية وفرنسا واليابان وروسيا وألمانيا، أو دول حديثة التصنيع مثل كوريا الجنوبية والصين.

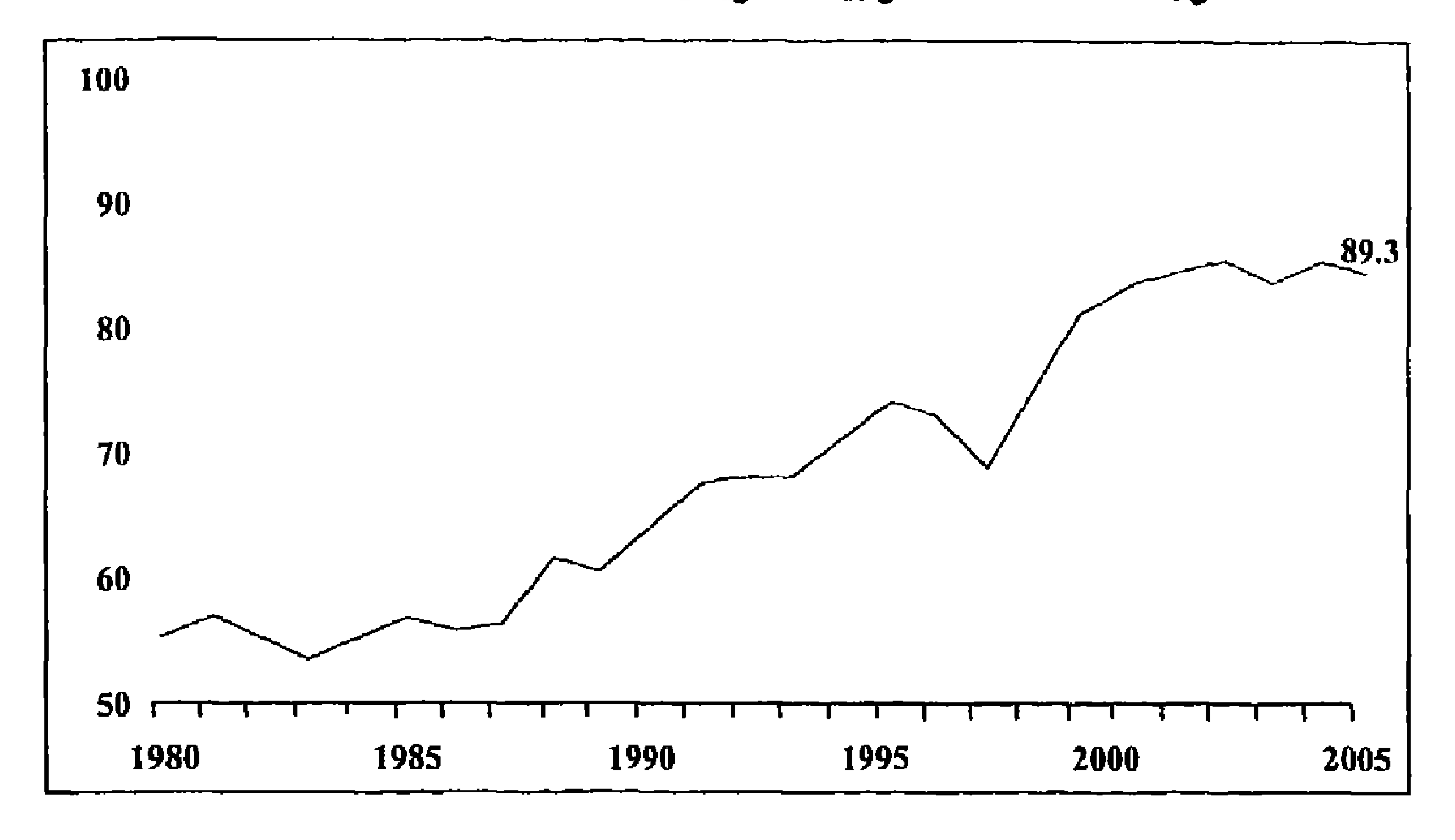
أما فيما يختص بحصة الطاقة النووية من إجمالي توليد الكهرباء، فكما هو موضح بالشكل (2-1)، تستحوذ الطاقة النووية على نسبة 78٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة في فرنسا، كما أن حصتها تصل إلى 54٪ في بلجيكا، وحوالي 40٪ في كوريا الجنوبية، و37٪ في سويسرا، و30٪ في اليابان.

إن استعراضنا لتوزيع حصة الطاقة النووية المستهلكة بحسب الدول مهم للغاية بالنسبة لدول الخليج وغيرها من الدول التي تسعى لاستغلال هذه التقنية، لأن الدول التي تستحوذ فيها الطاقة النووية على نصيب الأسد من إجمالي الطاقة المستهلكة يفترض أنها الأكثر تأهيلاً للاستفادة من خبراتها. وبالفعل وفي مواضع كثيرة من الدراسة، تقدم فرنسا نفسها للعالم كتجربة حية ومتجددة وجديرة بالاستفادة منها على خلاف الوضع في أغلب الدول النووية الأخرى.

أما فيما يتعلق بسعة الأداء لهذه الصناعة، فقد شهدت تطورات ملحوظة مقارنة بالوضع في الخمسينيات والستينيات. فبعد أن كانت المفاعلات تنتج بنسبة 60٪ فقط من سعتها الإنتاجية في الستينيات (الشكل 2-2)، ارتفعت قدرتها الإنتاجية في الوقت الراهن إلى ما بين 80 و90٪ بالنسبة لأغلب المفاعلات العاملة حول العالم. وترتب على ذلك زيادة إنتاج المفاعلات القائمة بحوالي 30 جيجاواط.[17]

الشكل (2-2)

تطور أداء المحطات النووية الأمريكية خلال الفترة (1980-2005)



المصدر: <www.nei.org/filefolder/us_nuclear_industry_capacity_factors.ppt>

وقد بدأت هذه الصناعة تشهد ظاهرة جديدة، وبخاصة في الولايات المتحدة الأمريكية، ألا وهي ظاهرة الاندماج والاستحواذ بين الشركات العاملة في هذه الصناعة. هناك مجموعات كبرى مثل إكسلون وإنترجي ودومينيون وكونستليشن تقوم الآن بشراء المحطات والمفاعلات الصغيرة التي تعمل بمستوى كفاءة منخفض. الظاهرة نفسها قائمة في دول أوربا الغربية (ولاسيما في ألمانيا وسلوفاكيا). وقد أوضح البعض[21] أن هذه الظاهرة ستتواصل في المستقبل، حيث ستتحول هذه السوق إلى سوق كبيرة يديرها عدد محدود من الشركات الكبرى. إن هذه التحولات تعطي مؤشراً إيجابياً حول مستقبل هذه الصناعة، حيث تعكس الثقة في فرص خفض تكاليف التشغيل، بما يضمن قدرة تنافسية أعلى.

وتعتبر شركة وستنج هاوس الأمريكية أقدم وأكبر الشركات التي بدأت في بناء وتشغيل المفاعلات النووية للأغراض السلمية؛ فهي التي بنت وشغلت أول مفاعل لإنتاج الكهرباء لأول مرة عالمياً في الولايات المتحدة الأمريكية مطلع الخمسينيات. كما أن من أهم الشركات العالمية العاملة في صناعة بناء وتصميم وتشغيل المفاعلات النووية للأغراض السلمية شركات: سيمنز (ألمانيا)، وميتسوبيشي وتوشيبا (اليابان)، وفراماتوم (فرنسا)، وأيسل (كندا)، وروسيا (روسيا). فقد تولت الشركات المشار إليها بناء المفاعلات خلال الخمسين عاماً الماضية، كما أنها هي المكلفة حالياً بتلبية طلبات البناء والتشغيل للمفاعلات في مختلف دول العالم.[22]

4. مستقبل صناعة الطاقة النووية

تجلى الاهتمام المتصاعد من قبل كثير من دول العالم لدخول عالم صناعة الطاقة النووية في ورشة العمل التي عقدتها الوكالة الدولية للطاقة الذرية في كانون الأول/ ديسمبر 2006 حول المتطلبات الضرورية قبل الدخول في صناعة الطاقة النووية، فمن بين 42 دولة مشاركة، كانت هناك 20 دولة تسعى جدياً للدخول في هذه الصناعة. كما تؤكد الدراسات الحديثة أن توليد الطاقة من مصادر نووية بدأ يحظى بأولوية حتى في السياسة الأمريكية، ولهذا بدأت وزارة الطاقة الأمريكية عام 2002 في وضع رؤية لعام 2010 تهدف إلى بناء مفاعلات جديدة، وكذلك تطوير تقانات هذه الصناعة بما يدعم تطورها.[23]

فالتوقعات المستقبلية المتفائلة تشير إلى أن الإنتاج العالمي من الكهرباء المولدة نووياً سيرتفع من أقل من 400 جيجاواط من الكهرباء حالياً إلى ما يقارب 700 جيجاواط بحلول عام 2030. والملاحظة المهمة هنا أن التوسع الأكبر في المستقبل

سيكون من نصيب منطقتين رئيسيتين وهما آسيا وأمريكا اللاتينية، بالإضافة إلى دول شرق ووسط أوربا.

وضعت وكالة الطاقة الدولية، وغيرها من المؤسسات الدولية المعنية، سيناريوهات عديدة لمستقبل صناعة الطاقة النووية حتى عام 2030، وأكثر هذه السيناريوهات تشاؤماً ينتهي إلى أن هذه الصناعة لن تشهد عملية إنشاء جديدة (والواقع المعيش لا يدعم ذلك)، ولهذا فإن معدل نموها السنوي لن يتعدى 1.1٪ سنوياً، على أن يكون التراجع الأكبر من نصيب دول أوربا الغربية (60٪)، في حين ستنمو مؤشرات دول الشرق الأقصى بحوالي 80٪، وفي المقابل ينتهي السيناريو المتفائل[24] -وهو الأكثر احتمالاً- إلى أن هذه الصناعة ستشهد نمواً كبيراً في كل المناطق تقريباً، بمعدل نمو سنوي 2.6٪ حتى عام 2030، على أن يكون معدل النمو الأكبر أيضاً في منطقة الشرق الأقصى وأوربا الشرقية، ثم أمريكا الشمالية والشرق الأوسط (على التوالي)، وفي المقابل، ستظل حصة أفريقيا وأمريكا اللاتينية من هذه الصناعة متدنية. فمنطقة شرق وجنوب شرق آسيا في مقدمة مناطق العالم التي يتوقع لها أن تشهد في المستقبل نمواً كبيراً في الاعتماد على مصادر الطاقة النووية، ففيها الآن ما يقرب من 160 مفاعلاً، يقع أغلبها في الصين واليابان وكوريا الجنوبية والهند، كما يوجد في 14 دولة آسيوية 56 مركزاً لأبحاث المفاعلات والطاقة النووية، وأكثر من 10 مفاعلات قيد الإنشاء. كما تتوقع الدراسات أن تكون الصين والهند في مقدمة دول العالم اعتماداً على الطاقة المولدة من مصادر نووية لتلبية متطلبات التنمية والتصنيع والتوسع السكاني.

وتتوقع الدراسات[25] أن تتقدم الصين باقي دول العالم بالنظر إلى حجم وعدد المفاعلات المزمع إنشاؤها خلال الخمسين عاماً القادمة، حتى يمكن تلبية

متطلبات عملية التنمية، ولكي تضمن الصين الحفاظ على معدلات النمو التي عايشتها خلال العقدين الماضيين. فيتوقع قيام الصين ببناء حوالي 30 وحدة نووية خلال الفترة 2005–2020. أما الهند، فلديها مشاريع مستقبلية من شأنها أن تعتمد على الطاقة النووية في توفير حوالي 12٪ من احتياجاتها من الكهرباء عام 2030، وفي المقابل تأتي دول الشرق الأوسط وأفريقيا في ذيل القائمة بنسبة 1٪ في عام 2030.

وعلى المستوى العربي تحديداً، باتت صناعة الطاقة النووية للأغراض السلمية محوراً مهماً من محاور اهتمامات الدول العربية، ودليل ذلك صدور قرارات من القمة العربية الأخيرة (قمة الرياض) وقمة مجلس التعاون (قمة جابر) تتحدث بوضوح عن رغبة الدول العربية في الاستفادة من هذه التقنية لأغراض تنموية، وخاصة لتوليد الكهرباء وتحلية مياه البحر. وقد تبين أن من بين الـ 20 دولة التي شاركت في ورشة العمل التي نظمتها الوكالة الدولية للطاقة نهاية عام 2006 ثمة 5 دول عربية، وهي الجزائر ومصر والبحرين والأردن والمغرب.[26]

ثانياً: جدوى صناعة الطاقة النووية اقتصادياً وبيئياً

عرضت الدراسات الاقتصادية في مجال صناعة الطاقة النووية صوراً مختلفة للتكلفة في مجال صناعة الطاقة النووية، وتأتي التكلفة الرأسمالية في مقدمة تلك الصور، ثم تكلفة التشغيل والصيانة، وتكلفة الوقود، وتكلفة الأمن والتفكيك والتعامل مع المخلفات، كما قارنت هذه الصور من التكلفة بتكاليف صناعات التوليد المنافسة.

1. صور التكلفة في صناعة الطاقة النووية وانعكاساتها على ميزاتها النسبية

أ. التكلفة الرأسمالية

تشكل التكلفة الرأسمالية (أو التكلفة الثابتة أو تكلفة الإنشاء)، حوالي ثلثي التكلفة الإجمالية في هذه الصناعة، سواء تم تشغيل المفاعل أو لم يتم، أما الثلث الباقي فهو التكلفة الجارية (التشغيل والصيانة والإصلاح والوقود النووي). وتغطي التكلفة الرأسمالية تكاليف الإنشاء وشراء المعدات والبراءات، وتكلفة عنصر العمل الداخل في عملية الإنشاء.[27]

ونظراً لطبيعة هذه الصناعة (الكثيفة رأس المال)، وكذلك في ضوء تكلفة التشغيل المرتفعة نسبياً، فإن الانعكاسات الاقتصادية لأي مرحلة من مراحل إنشاء وتشغيل المحطة يمكن أن يكون لها تبعات اقتصادية كبيرة، سواء في اتجاه نجاح المشروع أو فشله.[28]

وبرغم ارتفاع التكلفة الرأسمالية بعامة، فإن مقدارها يتباين من محطة لأخرى، بسبب اعتبارات كثيرة منها: اختلاف التصميمات، وحجم المفاعلات، والمكونات التي تدخل في البناء، وطريقة البناء، ومستوى مهارات عنصر العمل، وضمانات الجودة، وإجراءات الاعتماد والترخيص ومدى بساطتها...الخ. كما تختلف تكلفة إنشاء المفاعلات من بلد لآخر لاعتبارات أخرى، مثل اختلاف تكاليف عنصر العمل والمواد الخام كالحديد والأسمنت...الخ.[29] وبشكل عام، فإن مفاعلاً بسعة 1 ميجاواط من الكهرباء يتطلب استثمارات تصل إلى مليار دولار، إلا أن مصممي المحطات يسعون لخفض تلك التكلفة الرأسمالية بحوالي 25٪ في التصميمات المستقبلية للمفاعلات.[30]

وقد ركز كثير من الدراسات على مسألة الوضع الاقتصادي للقطر المضيف لهذه الصناعة وانعكاساته على التكلفة الرأسمالية، فالاستقرار الاقتصادي في القطر الذي يسعى لإقامة محطات نووية يعتبر عنصراً مؤثراً في التكلفة الرأسمالية للمفاعلات. على سبيل المثال، يشكل مستوى التضخم عاملاً حاسماً في هذا الخصوص، إذ إنه في ظل معدل للتضخم يدور حول 2.5٪ فإن ذلك يمكن أن يؤدي إلى تضخم التكاليف بحوالي 13٪ خلال السنوات الخمس التي يتم فيها بناء المفاعل. كما أن تقلبات سعر صرف العملة تؤثر هي الأخرى في عنصر التكلفة.

وبناءً عليه، فإن التغير في تكلفة إنشاء المفاعلات قد يكون وليد عدد من العوامل؛ منها: تقلب الأوضاع الاقتصادية في بلد الإنشاء، أو تغير في التصميم ترتبت عليه حاجة إلى تصميم ومعدات ودراسات إضافية أو معدات أمان أفضل...الخ، كل هذا يضاعف من التكلفة الرأسمالية للمفاعل، والوقت المستغرق في عملية التنفيذ.[31]

كما تنطوي مسألة سعر الخصم على أهمية كبيرة في صناعة الطاقة النووية لتأثيرها الواضح في التكلفة الرأسمالية.[32] فسعر الخصم[33] يحدد معدل العائد المستهدف على رأس المال. ولهذا تعتبر تكلفة سعر الفائدة في مقدمة العقبات التي تعوق تطور هذه الصناعة في الدول ذات السوق الحرة، نظراً لاعتمادها الكبير على رؤوس الأموال الضخمة خلال المراحل الأولى. وعليه، فقد خلص البعض[34] إلى أنه في ظل سعر فائدة 6٪، وخلال السنوات الخمس الأولى لبناء المفاعل، فإن سعر الفائدة سيشكل حوالي 30٪ من إجمالي الإنفاق، وسيزيد هذا الرقم إلى 40٪ إذا امتدت فترة الإنشاء إلى 7 سنوات، وفي هذا دليل على أهمية الإنجاز خلال الوقت المحدد سلفاً، أي أهمية عنصر الزمن في حساب التكلفة الرأسمالية.

وقد توقع تقرير لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية[35] أن تتراوح تكلفة توليد الكهرباء من المحطات النووية الجديدة مابين 2.5 و6 سنتات لكل كيلوواط في الساعة، وذلك في ظل سعر خصم 5٪، أما في حالة سعر الخصم 10٪ فإن التكلفة ستتراوح ما بين 4 و8 سنتات لكل كيلوواط في الساعة. إذاً يلاحظ هنا أن تقدير التكاليف التي تتخذ على أساسها القرارات تعتمد بقوة على سعر الخصم السائد أو المعتمد، فسعر الخصم المنخفض يعكس تركيزاً واهتماماً أكبر بالمستقبل، أي يراعي أهداف التنمية المستدامة. ولهذا، ففي ظل سعر الخصم 5٪ يمكن لصناعة الطاقة النووية أن تنافس بقوة في سوق صناعة توليد الطاقة.

ومن المعروف أن هناك تبايناً في تكلفة رأس المال من بلد لآخر، ومن خدمة لأخرى، بحيث تعتمد على مستوى المخاطر لكل بلد، والوضع الائتماني للشركة المنشئة للمشروع. كما يؤثر وضع قطاع توليد الطاقة في البلد المعني في تكلفة رأس المال. فإذا كان القطاع خاضعاً لاحتكار منظم (أي الدولة مثلاً) فيمكن أن تكون تكلفة رأس المال منخفضة، حيث تدور بين 5 و8٪. ولكن في سوق الكهرباء التنافسية تدور التكلفة في الغالب حول 15٪. وفي حال تضاعف معدل العائد (سعر الفائدة) على رأس المال بالنسبة للمقرض، فإن ذلك يمكن أن يقضي على الجدوى الاقتصادية لهذه الصناعة.

كما أن تكلفة رأس المال تتوقف على ما إذا كانت شركة إنتاج الكهرباء هي شركة عامة أو خاصة. فإذا كانت الشركة عامة فغالباً ما تحظى بتقويم ائتماني كبير، ولهذا فإن تكلفة رأس المال تكون منخفضة جداً مقارنة بالوضع بالنسبة لشركات القطاع الخاص. وتفسير ذلك أن مؤسسات الإقراض تصل في أسعار الفائدة إلى حوالي 15٪ بسبب المخاطر العالية لهذه الصناعة، وطول الفترة الزمنية لاسترداد أصل القرض.

ومن هنا تبدو أهمية وجود الدولة، وبخاصة خلال المراحل الأولى لنشأة هذه الصناعة، فصناعة الطاقة النووية تأتي في مقدمة الصناعات المكثفة لرأس المال، وغالباً لا يستطيع ولا يجرؤ على الدخول فيها في المراحل الأولى سوى الدولة، وكافة التجارب العالمية، وفي مقدمتها التجربة الأمريكية، تدعم هذا التوجه.[36]

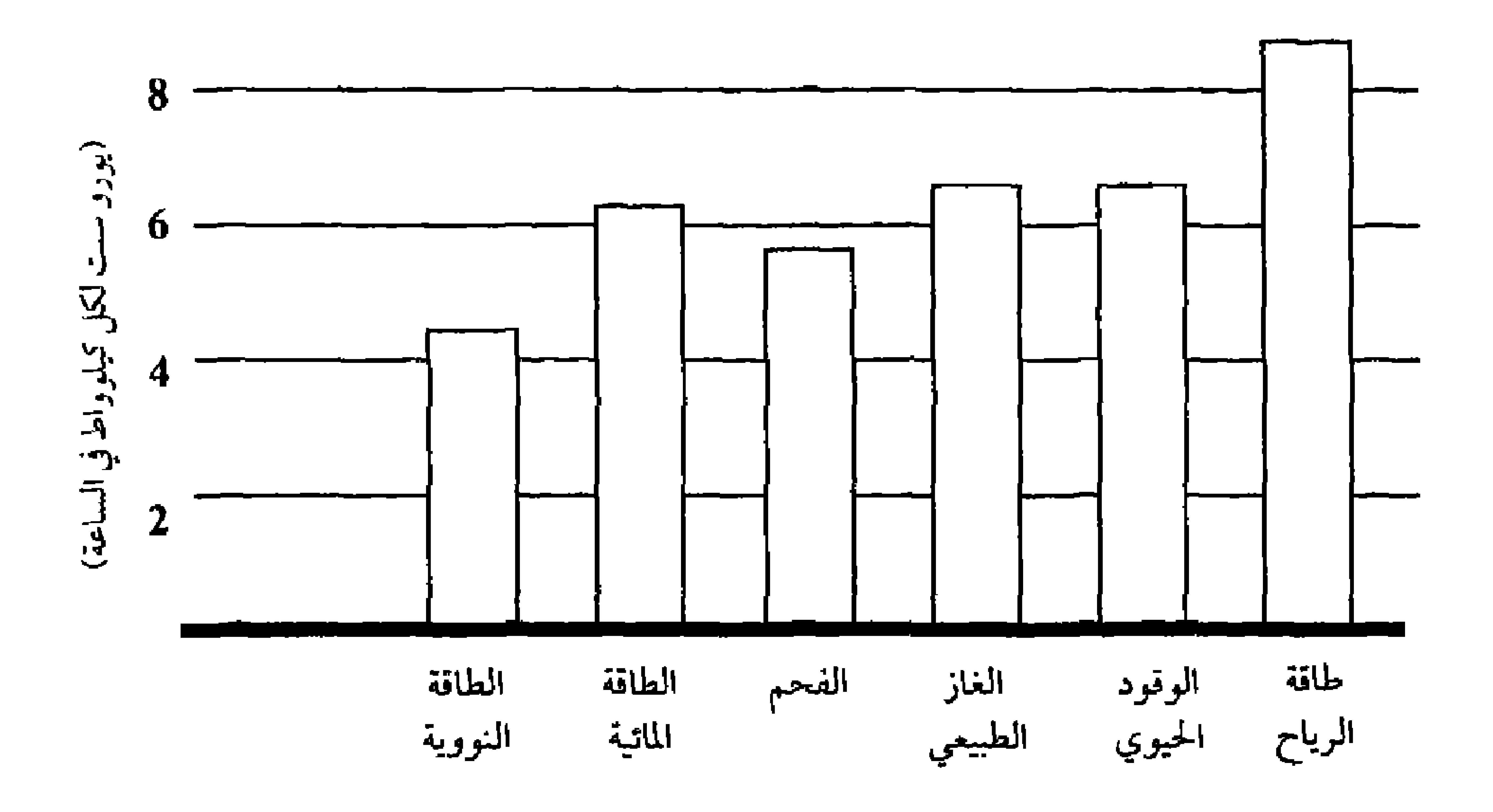
وتوضح الدراسات الحديثة أن تكلفة الإنشاء في المحطات المنشأة حديثاً في آسيا تدور حول 2000 دولار لكل كيلوواط من الكهرباء، وهي تكلفة منخفضة قياساً بالوضع في دول أوربا الغربية والولايات المتحدة، نظراً لانخفاض تكلفة عناصر ومدخلات الإنتاج في آسيا عامة. إلا أن شركة وستنج هاوس الأمريكية يمكنها الآن بناء وحدات توليد مزدوجة بحيث تتراوح التكلفة بين 1000 و1500 دولار لكل كيلوواط، ولا شك في أن هذا التطور سيسهم في الارتقاء بالقدرات التنافسية لهذه الصناعة في مواجهة تقنيات التوليد المنافسة.[37] وخاصة إذا تعرضت المصادر الأحفورية لفرض ضرائب بيئية.

وفي دراسة تطبيقية على الحالة الكندية تبين أنه في حال فرض ضريبة تلويث بقيمة 15 دولاراً لكل طن من الملوثات، سيؤدي إلى رفع تكلفة الطاقة المولدة باستخدام الفحم بنسبة 27٪، في حين سترتفع تكلفة التوليد من الغاز الطبيعي بحوالي 8٪، في حين لم تتغير تكلفة التوليد في المفاعلات النووية.[38]

وكما هو موضح بالشكل (2-3)، ووفقاً لدراسة أجريت مؤخراً على المصادر المختلفة لتوليد الكهرباء، كان المصدر النووي هو الأدنى في تكلفته الإجمالية يتلوه الفحم ثم الغاز الطبيعي، وفي المقابل كانت التكلفة الإجمالية للكهرباء المولدة بالرياح هي الأعلى، ومن ثم فإن المصدر النووي هو الأعلى تنافسية من منظور التكلفة الكلية.

الشكل (2-3)

التكلفة الإجمالية للكهرباء المولدة بحسب المصدر



المصدر:

Nord Pool and European Energy Exchange <www.vattenfall.com/annual-reports/vf_com/2006/printversion.asp?filename=page_013 html>

وتصل التكلفة الرأسمالية إلى ذروتها خلال السنوات الخمس الأولى من عمر المفاعل(مرحلة إنشاء المفاعل)، ثم تتراجع تدريجياً حتى تصل إلى أدنى مستوى لها من العام 50 وحتى 70، [39] ومع ذلك، ومن خلال تحليلنا لمختلف التجارب المقارنة، أمكن التوصل إلى مؤشرات عامة بشأن الحد الأقصى والحد الأدنى لتكلفة إنشاء مفاعل نووي. وكما هو موضح بالجدول (2-2) عرضنا لتكلفة إنشاء المفاعلات النووية في عدد من الدول النشطة في صناعة الطاقة النووية، مع ملاحظة أن تكلفة إنشاء المفاعلات تتفاوت بحسب سعر الخصم السائد (5 أو 10٪). وقد أمكننا استخلاص النتائج التالية من الجدول:

- هناك تباين كبير في التكلفة من دولة إلى أخرى، مع ملاحظة انخفاض التكلفة بصفة عامة في الدول النامية مقارنة بالتكلفة في الدول المتقدمة، ويفسر ذلك بانخفاض تكلفة مدخلات الإنتاج وعنصر العمل وأسعار الفائدة...الخ.

- لوحظ أن اليابان تشهد أعلى مستويات التكلفة، تليها فنلندا، وذلك لعدد من الاعتبارات، في مقدمتها ارتفاع تكلفة عنصر العمل ومدخلات الإنتاج، هذا ناهيك عن ارتفاع أسعار الفائدة السائدة.

- مثلت الولايات المتحدة الأمريكية والصين أدنى معدلات التكلفة، نتيجة لانخفاض التكلفة الأساسية، وتدني تكلفة أسعار الفائدة (في الولايات المتحدة الأمريكية تحديداً).

- لوحظ وجود تباين في التكلفة بحسب سعر الخصم المطبق، وبصفة عامة لوحظ بالنسبة لكافة الدول، أنه في ظل سعر الخصم 5٪ كانت التكلفة أدنى من حالة سعر الخصم 10٪. لكن الولايات المتحدة الأمريكية تشكل استثناءً مقارنة بباقي الدول، حيث كانت التكلفة في ظل سعر الخصم 10٪ أدنى من التكلفة في حالة سعر الخصم 5٪، وذلك نتيجة لتدني تكلفة التجديدات، وكذلك تكلفة التفكيك. وربما يعزى هذا الوضع الاستثنائي للولايات المتحدة إلى خبرتها الطويلة والمتعمقة في هذا الصناعة، وهو ما انعكس في النهاية على عنصر التكلفة.

وفي ضوء تلك المؤشرات، أكد تقرير مهم أن الميزة النسبية والتنافسية لصناعة الطاقة النووية خلال القرن الواحد والعشرين ستنبع من تراجع تكاليف إنشاء المحطات النووية (التكاليف الرأسمالية)، على أثر تطور تقنيات إنشاء المفاعلات والمحطات النووية، هذا بالإضافة إلى تراجع تكاليف التمويل. فتكلفة التمويل -التي

تعتبر أحد العناصر المهمة في اقتصاديات الطاقة النووية كما عرضنا- يتوقع لها أن تـشهد انخفاضاً كبيراً في الفترة القادمة، وذلك نتيجة لتطور تقنيات هذه الصناعة التي عـززت من اعتبارات الأمان، ومن ثم خفضت من مخاطر الاستثمار والتمويل لهذه الصناعة.[40]

الجدول (2-2)

التكلفة الفعلية للمفاعلات لكل كيلوواط من الكهرباء بالدولار الأمريكي (2006)

الدولة	تكلفة الإنشاء الأساسية	في ظل سعر الخصم 5٪					في ظل سعر الخصم 10٪				
		تكلفة الأعطال والطوارئ	سعر الفائدة	تكلفة التجديدات	تكلفة التفكيك	إجمالي التكلفة	تكلفة الأعطال والطوارئ	سعر الفائدة	تكلفة التجديدات	تكلفة التفكيك	إجمالي التكلفة
كندا	1697	85	271	75	11	2139	85	557	24	1	2384
فنلندا	2256	113	148	0	0	2516	113	303	0	0	2672
فرنسا	1636	49	274	0	29	1988	49	592	0	3	2280
اليابان	2521	0	289	0	38	2848	0	621	0	4	3146
كوريا الجنوبية	1637	0	287	0	0	1924	0	623	0	0	2260
الصين	1020	85	262	0	18	1386	85	584	0	3	1629
الولايات المتحدة	1441	144	151	271	72	2079	144	310	158	11	2065

المصدر:

Nuclear Energy Institute, "World Nuclear Power Generation and Capacity," Nuclear Energy Institute (2006) <www.nei.org/filefolder/ World_Nuclear_ Power_Generation_and_Capacity_1.xls>

كما أن تكلفة البناء لكل كيلوواط بالنسبة للمحطة النووية شـهدت انخفاضـاً كبيراً خلال العقود الماضية نتيجة للتطوير في التصميمات، وتراجع فترة إنشاء المفاعل أو المحطة، وكذلك تطور تقنيات التوليد التي باتت أكثر كفاءة. ومع استمرار التطور

في تقنيات هذه الصناعة، يتصور أن يتم التوصل إلى تصاميم معيارية مقبولة عالمياً. فالتجارب الحالية تفيد أن المحطات التي تم بناؤها مؤخراً أنجزت في الوقت المحدد وفي إطار الميزانية المحددة سلفاً.[41]

ب. تكلفة التشغيل والصيانة

يعتقد الكثيرون أن صناعة الطاقة النووية أو مفاعلات توليد الكهرباء النووية تعمل آلياً، ولا تتطلب سوى الوقود والقليل من التكاليف الجارية أو التشغيلية، وهذا اعتقاد غير صائب، فالعديد من المحطات النووية الأمريكية اضطرت إلى التوقف في أواخر الثمانينيات نتيجة تصاعد تكاليف التشغيل والصيانة، إذ ارتفعت تكاليف التشغيل (باستثناء تكاليف الوقود) والصيانة إلى 22 دولاراً لكل ميجاواط في الساعة بعد أن كانت لا تتعدى 14 دولاراً. ولكن بذلت الجهود لخفض تلك التكاليف بحلول منتصف التسعينيات إلى 12 دولاراً لكل ميجاواط في الساعة. وبالتالي، لم يعد هناك تخوف الآن من الإغلاق في الولايات المتحدة أو غيرها على خلفية ارتفاع تكاليف التشغيل والصيانة.[42]

وتنقسم تكلفة التشغيل والصيانة بدورها إلى تكاليف مباشرة وتكاليف غير مباشرة، أما التكاليف المباشرة فتتمثل في تكلفة الوقود وتكلفة رواتب الموظفين، وأما التكاليف غير المباشرة –وتشكل حوالي 20٪ من إجمالي تكاليف التشغيل والصيانة– فتتمثل في تكلفة العلاج والتأمين لموظفي المحطات النووية، والتأمين على المحطات، وتكلفة حماية الممتلكات والضرائب...الخ. ومقدار هذه التكلفة يختلف من بلد لآخر بالطبع، حسب تباين الأنظمة التشريعية والحمائية والعمالية والرعاية الصحية وتكاليف الخدمات...الخ.[43]

كما يعزى الانخفاض في تكلفة التشغيل خلال العشرين عاماً الماضية إلى اتساع القدرة الاستيعابية والتشغيلية للمحطات؛ حيث تضاعف الإنتاج من ذات المولدات (ففي الولايات المتحدة الأمريكية تراجعت تكلفة التشغيل لكل كيلوواط ساعي بنسبة 44٪ بين عامي 1990 و2003). وعلى أثر تراجع التكلفة الحدية للتوليد إلى مستوى أدنى من تكلفة التوليد من المصادر التقليدية، تدافع ملاك المحطات للاستثمار في تجديد ورفع القدرة الاستيعابية للمحطات النووية القائمة. كما أنه بسبب التكلفة الحدية المنخفضة والدرجة العالية من استقرار السعر، وزيادة درجة اليقين أي الثقة والاطمئنان لمستوى كفاءة المحطة واعتبارات الأمان التي روعيت فيها، تشجع الملّاك على طلب تمديد تراخيص كل المفاعلات تقريباً.[44]

إن لإطالة العمر الافتراضي للمفاعلات ميزة كبرى، حيث إن تضاعف فترة التشغيل سيعني تضاعف العوائد في وقت لم تتغير فيه تكلفة البناء والتشغيل، بل يتوقع مع تطور تقنيات هذه الصناعة تراجع تلك التكلفة كما ذكرنا، وهو ما سيصب في النهاية في اتجاه الارتقاء بالميزات النسبية والتنافسية لهذه الصناعة. إلا أن امتداد عمر المفاعل سيتطلب أيضاً إنفاقاً جديداً لاستبدال جانب من الأجهزة والأدوات، وللحفاظ على مستوى أداء عال للمفاعل.[45]

جـ. تكلفة الوقود النووي (اليورانيوم)

يتميز اليورانيوم بأنه موجود في كل مكان على الأرض، بخلاف النفط أو الغاز أو الفحم الذي تستأثر به دول أو مناطق بعينها. كما يمكن استخراج اليورانيوم من مياه البحر، حيث تبين أن حوالي 4 مليارات طن من اليورانيوم ذائبة ومترسبة في مياه البحار.[46]

ووفقاً للجدول (2-3) بلغ إجمالي الاحتياطات العالمية من اليورانيوم المكتشف والقابل للاستخراج حوالي 5,469,000 طن بنهاية عام 2007، تستحوذ ست دول وهي أستراليا وكازاخستان وروسيا وجنوب أفريقيا وكندا والولايات المتحدة على حوالي 70٪ من تلك الاحتياطات.

الجدول (2-3)

أماكن توافر احتياطات اليورانيوم المكتشف والقابل للاستخراج وحصة كل دولة عام 2007

الدولة	الكمية بالطن	الحصة من الاحتياطي العالمي٪
أستراليا	1,243,000	23
كازاخستان	817,000	15
روسيا الاتحادية	546,000	10
جنوب أفريقيا	435,000	8
كندا	423,000	8
الولايات المتحدة	342,000	6
البرازيل	278,000	5
ناميبيا	275,000	5
النيجر	274,000	5
أوكرانيا	200,000	4
الأردن	112,000	2
أوزبكستان	111,000	2
الهند	73,000	1
الصين	68,000	1
منغوليا	62,000	1
دول أخرى	210	4
الإجمالي العالمي	**5,469,000**	**100**

المصدر:

World Nuclear Association, "Supply of Uranium 2007," <www.world-nuclear.org/info/inf75.htm>

المهم هنا هو أنه بينما تستحوذ الدول المنتجة والمصدرة للنفط على معظم احتياطات العالم من هذه المادة الخام، فإن دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية تنتج حوالي 55٪ من اليورانيوم المنتج عالمياً، كما أنها تستحوذ على أكثر من 40٪ من احتياطات اليورانيوم المكتشف حتى الآن،[47] فإذا كان الوقود الأحفوري بيد الدول النامية وتحديداً دول الشرق الأوسط، فإن الوقود النووي بيد الدول المتقدمة، وهو وقود المستقبل ولا يتوقع له الفناء سريعاً مقارنة بالوقود الأحفوري.[48]

فالاحتياطات المؤكدة من اليورانيوم تكفي لتغذية هذه الصناعة لمدة 270 عاماً، وفقاً لمعدلات الاستهلاك الحالية، كما أن هناك الكثير منه لم يكتشف بعد،[49] وبخاصة أن محطات الطاقة النووية القائمة عالمياً تستهلك حوالي 60 ألف طن من اليورانيوم سنوياً.[50] ويعتقد البعض وفقاً للبيانات المتاحة أن اليورانيوم المكتشف الآن يكفي لبناء حوالي 1000 مفاعل خلال الخمسين عاماً القادمة، وستكون هذه المفاعلات قادرة على العمل بكفاءة لمدة 40 عاماً على الأقل.[51]

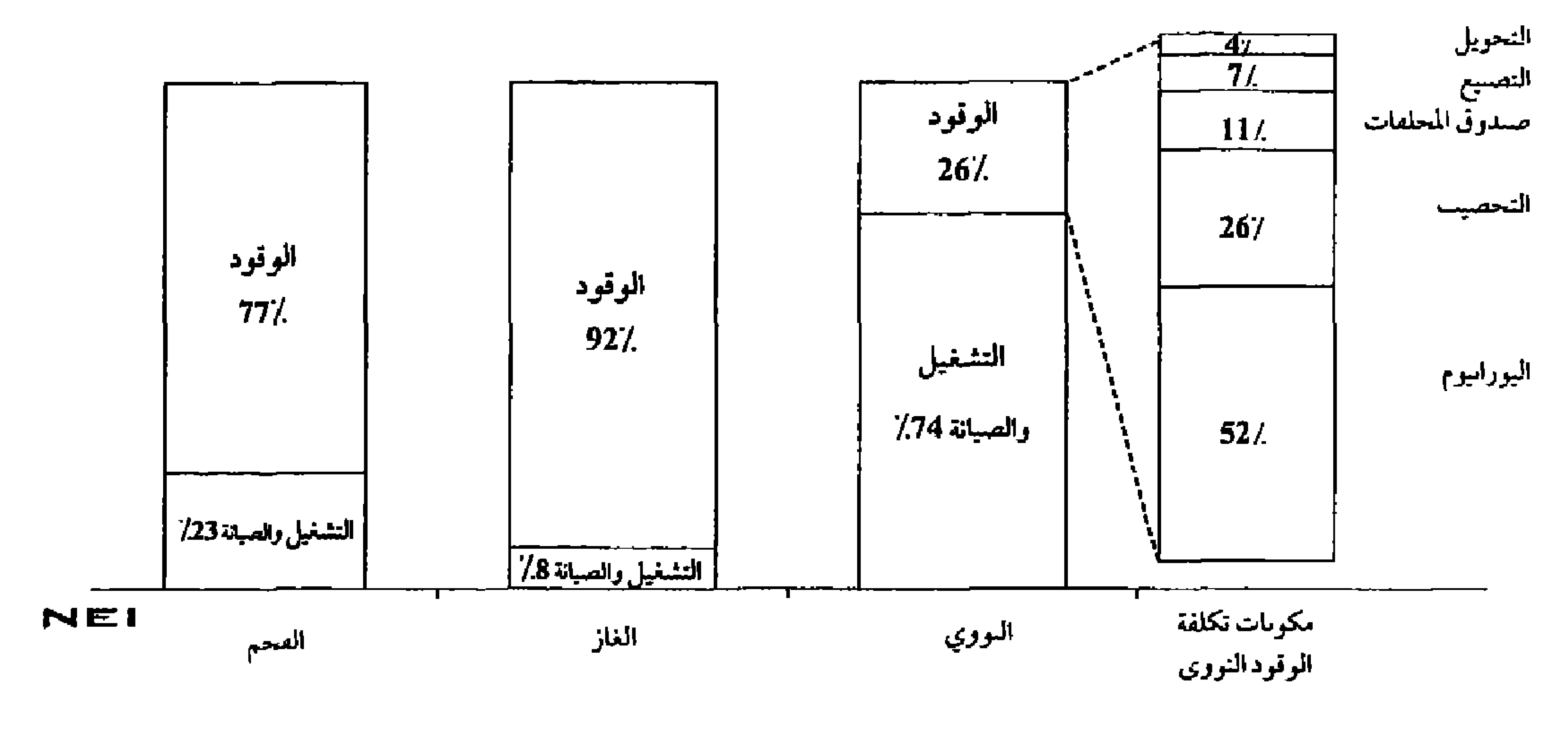
وتشكل تكلفة الوقود النووي الميزة الاقتصادية الرئيسية التي تميز صناعة الطاقة النووية عن مصادر التوليد التقليدية. فتكلفة الوقود شاملة معالجة المخلفات النووية لا تتعدى 20٪ من إجمالي التكلفة في هذه الصناعة. بل إن تكلفة اليورانيوم كمادة أولية لا تتعدى 5٪ من إجمالي التكلفة، وذلك مقابل تكلفة الوقود في تقنيات التوليد الأحفورية التي تتجاوز 75٪ (الشكل 2-4).

ويؤكد البعض[52] أن تكلفة الوقود والتشغيل المنخفضة لمحطات الطاقة النووية يمكنها أن تعوض التكلفة الرأسمالية المرتفعة، التي عرضنا لها سابقاً، ومن ثم تُمكن صناعة توليد الكهرباء النووية من الصمود ومنافسة مصادر توليد الكهرباء التقليدية

بقوة. أكثر من ذلك، يتوقع أن تستخدم الأجيال الأحدث من المفاعلات ذلك الوقود بطرق أكفأ من المنظور الاقتصادي. وفي ضوء انخفاض تكلفة الوقود النووي ومحدودية حصته من التكلفة الإجمالية، فإن تكلفة الكهرباء المولدة نووياً تكون أقل حساسية للتقلبات في أسعار اليورانيوم، في حين تكون تكلفة الكهرباء المولدة من مصادر أحفورية شديدة الحساسية للتقلبات في أسعار الغاز والنفط والفحم في الأسواق العالمية.

الشكل (2-4)

حصة الوقود من إجمالي تكلفة إنتاج الكهرباء من مصادر التوليد المختلفة عام 2006



المصدر:

NEI, Global Energy Decisions 2006, Fuel as a Percentage of Electric Power production Costs <www.nei.org/filefolder/ fuel_as_percent_electric_production_costs_1.ppt>

وفي دراسة أعدتها منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية حول هذه الصناعة خلال الفترة 1983-2005، تبين أن الصناعة شهدت استقراراً نسبياً في التكلفة، وهذا الاستقرار في التكلفة أتى نتيجة عاملين أساسيين: الأول تراجع أسعار

اليورانيوم وتكاليف تخصيبه وتطور تقنيات التخصيب، والثاني أن عرض اليورانيوم يعتبر غزيراً نسبياً.[53]

إلا أنه نظراً للتوقعات المتفائلة بشأن مستقبل صناعة الطاقة النووية خلال السنوات الماضية، ارتفعت أسعار اليورانيوم بحوالي 15 ضعفاً أوائل عام 2008، مقارنة بأسعار عام 2000. وفي المقابل تضاعفت عمليات الاستكشاف والتنقيب عن اليورانيوم ثلاث مرات مقارنة بعام 2001. وقد عزا البعض[54] ارتفاع أسعار اليورانيوم خلال الأعوام الأخيرة في الأسواق العالمية للأسباب التالية:

- تراجع الاهتمام بهذه الصناعة خلال العقدين الأخيرين، ومن ثم تراجع الاستثمار في صناعة استخراج وتخصيب اليورانيوم، ثم التصاعد المفاجئ في الاهتمام بالصناعة، وهو ما خلق ضغطاً مفاجئاً على العرض.

- الفيضانات التي ضربت نهر ماكارثر (كندا)، ويعتبر أكبر منجم لليورانيوم في العالم، وهو ما أثر سلبياً في العرض ثم الأسعار.

- زيادة الطلب بشكل غير مسبوق من الصين، وبخاصة بعد إعلانها نيتها الدخول بقوة في هذه الصناعة، وهو ما ولد ضغطاً كبيراً على المعروض من اليورانيوم.

وفي ضوء تلك التطورات، ذهب البعض[55] إلى القول بأنه، حتى مع افتراض تضاعف تكلفة اليورانيوم للأسباب المشار إليها أعلاه، لن يؤثر ذلك كثيراً في الميزة النسبية لصناعة توليد الكهرباء من مصادر نووية، نظراً لحصته (اليورانيوم) المحدودة في التكلفة الإجمالية.

وكانت بعض التوقعات قد أشارت إلى أن سعر اليورانيوم سيرتفع من 37 دولاراً للكيلوجرام حالياً إلى 100 دولار، بل ذهب البعض إلى القول باحتمال ارتفاع سعر الكيلو إلى 500 دولار، ولكن هذه التوقعات تبدو غير منطقية في رأي البعض[56] نظراً لأن أي ارتفاع كبير في السعر سيدفع بالمزيد من الاستثمار في هذا الصناعة، ومن ثم فإن أقصى ارتفاع يمكن أن يصل إليه سعر كيلو اليورانيوم هو 50 دولاراً. فمن المؤكد أنه يصعب توقع خفض كبير في أسعار اليورانيوم في المستقبل المنظور، حتى يتجه المزيد من الاستثمارات نحو استخراج هذا المعدن، وبعد ذلك يمكن أن تنخفض تكاليف الوقود النووي بشكل ملحوظ نتيجة التطور التقني، ودخول مخترعات جديدة تعظم الاستفادة من الوقود المستهلك.

د. تكلفة تفكيك المفاعلات وتخزين المخلفات النووية[57]

يقصد بتفكيك المحطات أو المفاعلات النووية العملية التي يتم بها إيقاف نشاط المحطة وإخراجها من الخدمة وإزالة كافة المنشآت، والتخلص من كافة المواد التي استخدمت في عملية إنشاء وتشغيل المحطة، بحيث تتم العودة بالمنطقة التي أنشئت فيها المحطة إلى الحالة التي سبقت الإنشاء، مع ضمان عدم تسرب إشعاعات أو ملوثات للبيئة المحيطة، وفي الوقت نفسه ضمان عدم تعرض العاملين في عملية التفكيك لأية إشعاعات أو أضرار ذات صلة بعملية التفكيك.

أما بالنظر إلى تكلفة التفكيك فهذه تحكمها اعتبارات عدة تنبغي مراعاتها، وفي مقدمتها:

- المرحلة التي يتم فيها التفكيك، أهي في بداية حياة المفاعل أم منتصفها أم نهايتها؟

- حجم المفاعل وسعته ونوعه، فالمفاعلات الكبيرة تتطلب تكلفة تفكيك أكبر من المفاعلات الأصغر حجماً.

- تكلفة عنصر العمل والآلات المستخدمة في عملية التفكيك.

وبعد الأخذ في الاعتبار العوامل المشار إليها، يبلغ متوسط تكلفة التفكيك في الولايات المتحدة، على سبيل المثال، ما بين 158 و186 مليون دولار. وفي دراسة أخرى قدر إجمالي تكلفة تفكيك المفاعلات الأمريكية (104 مفاعلات) بحوالي 33.5 مليار دولار، بمتوسط تكلفة قدره 320 مليون دولار لكل مفاعل. وهذه التكلفة محسوبة من إجمالي التكلفة في المحطات النووية، ويتم حسابها ضمن فاتورة المستهلك كنسبة لكل كيلوواط في الساعة. فعلى سبيل المثال، يتم حساب 0.1 إلى 0.2 سنت من الدولار لكل كيلوواط في الساعة لتغطية تكلفة التفكيك، وتتجه هذه المبالغ مباشرة إلى صندوق تكلفة التفكيك.

وتفيد مختلف التجارب أن المشغل أو المالك للمحطة أو المفاعل النووي يكون مسؤولاً عن تغطية تكلفة التفكيك، كما تفيد التجارب المقارنة أنه تتم تغطية تكاليف التفكيك من صناديق تنشأ خصيصاً لهذا الغرض، بحيث تكون الموارد متاحة في مرحلة التفكيك، كما قد يتم حساب تلك التكلفة كنسبة من تكلفة كل كيلوواط في الساعة، وبهذا يتم ضمان توافر التمويل اللازم عند البدء في التفكيك.

أما فيما يختص بتكاليف إدارة وتخزين المخلفات، والتي يتم حسابها ضمن تكاليف التشغيل في المحطات النووية، فإنها تشكل جزءاً هزيلاً من التكاليف، كما أنها

موزعة على مدى فترة تشغيل المفاعل. ومن ثم فإن اقتصاديات الطاقة النووية قليلة الحساسية بالنسبة لتلك التكاليف، وستكون أقل حساسية في المستقبل نتيجة للاستمرار في رفع كفاءة الوقود، وكذلك نتيجة لتوزع تكلفة التعامل مع المخلفات على مدى حياة المفاعل، والتي أصبحت هي الأخرى أطول في ظل تطور تقنيات بناء وتشغيل المفاعلات.[58]

والأكثر من ذلك أن أغلب الدول النشطة في هذه الصناعة مثل اليابان أو المملكة المتحدة أو فرنسا (وهي دولة رائدة في إعادة التدوير) أو الصين أو الهند، إما أنها تعيد تصنيع المخلفات النووية، أو أنها تخزن تلك المخلفات من أجل إعادة تصنيعها في المستقبل. أما الولايات المتحدة الأمريكية وكندا وفنلندا والسويد فهي تقوم بالفعل بعمليات إعادة تدوير وتصنيع المخلفات النووية للاستفادة منها، ومن ثم تحولت المخلفات بدورها إلى مادة منتجة ونافعة وذات مردود اقتصادي.

2. إجمالي تكلفة صناعة الطاقة النووية مقارنة بتكلفة صناعات التوليد الأخرى

من منطلق تحليلنا أعلاه، يمكننا إبراز أهم سمات صناعة الطاقة النووية من المنظور الاقتصادي والبيئي (أي جدواها الاقتصادية والبيئية) في النقاط التالية:

أ. تقف صناعة توليد الطاقة النووية في طليعة الصناعات المكثفة لرأس المال والتقنية الشديدة التعقيد. ولهذا، تعتبر محطات التوليد النووية مكلفة في إنشائها، ولكنها الأقل تكلفة عند تشغيلها. وفي المقابل فإن محطات التوليد التقليدية أقل تكلفة في إنشائها، ولكنها أكثر تكلفة خلال عملية التشغيل بسبب تكلفة الوقود.

ب. إن الطاقة النووية أقل استهلاكاً للمواد الخام، فاليورانيوم المستخدم يتميز بأنه مصدر عالي الكثافة من الطاقة، والكميات المطلوبة منه لتشغيل المفاعل أقل بكثير من الكميات التي تطلب من الفحم أو النفط أو الغاز لتشغيل المحطات التقليدية. فقطعة صغيرة من اليورانيوم بحجم عقلة من عقل الإصبع الأصغر تعادل في إنتاجيتها إنتاجية 17000 قدم مكعبة من الغاز الطبيعي، و712 كيلوجراماً من الفحم و149 جالوناً من النفط الخام. كما أن محطة لتوليد الكهرباء بسعة ميجاواط ساعي في العام تستهلك حوالي 3.1 ملايين طن من الفحم، في مقابل 24 طناً من اليورانيوم. كما أن مفاعلات الطاقة النووية تتطلب مساحات أقل من الأرض مقارنة بنظيراتها من محطات التوليد التقليدية، فمحطة بسعة 1 جيجاواط كهربائي تتطلب 150 ألف فدان لإقامة محطة توليد باستخدام طاقة الرياح، و35 ألف فدان لمحطة التوليد من الطاقة الشمسية،[59] في حين يمكن لثلاث محطات نووية على مساحة 500 فدان توليد طاقة تصل إلى 1.9 جيجاواط،[60] مع مراعاة أن الأرض التي يتم تشييد مفاعل نووي عليها ينبغي عدم استخدامها أو استغلالها بعد تفكيك المحطة النووية إلا بعد مضي 50 إلى 60 عاماً.

جـ. ليس لليورانيوم المستخدم في تشغيل المفاعلات استخدام معروف إلى الآن إلا في إنتاج الطاقة النووية، في حين أن الموارد الأخرى كالنفط والغاز الطبيعي، لها استخدامات أخرى أكثر إنتاجية وأقل تلويثاً للبيئة، ومن ثم أكثر أهمية لإنجاز أهداف التنمية المستدامة.

ثالثاً: انتقادات صناعة الطاقة النووية وتفنيد أنصارها لها

بعد مرور أكثر من نصف قرن على استخدام الطاقة النووية في توليد الكهرباء، لا يمكن القول إن هناك إجماعاً عالمياً على استخدامها. وقد حصرنا الحديث هنا في تحديد وتحليل أبرز المخاطر التي يشير إليها دائماً معارضو هذه الصناعة، وفي مقدمتها المخاطر البيئية والصحية، والتعامل مع المخلفات النووية، والمخاطر الأمنية، وردود أنصار صناعة الطاقة النووية على ذلك.

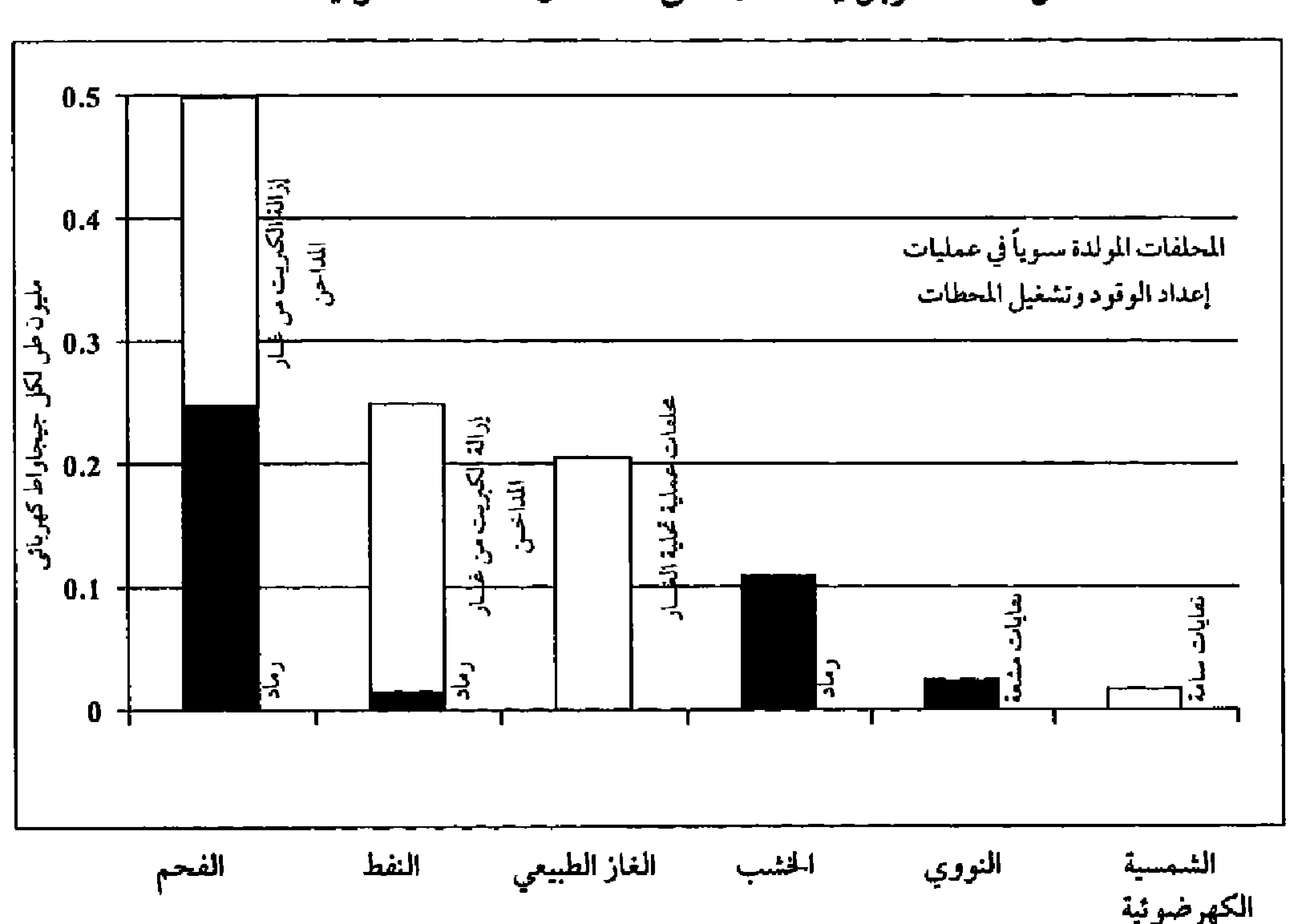
1. المخاطر البيئية والصحية

يسود اعتقاد أن صناعة الطاقة النووية تنطوي على مخاطر بيئية وصحية كبيرة، وبخاصة بعد ما حدث في أوربا الشرقية من دمار على أثر تسربات مفاعل تشيرنوبل عام 1986. كما يثار الحديث عن المخاطر البيئية المحتملة في حال تسرب إشعاعات من المخلفات النووية المدفونة في باطن الأرض، أو تعرض المنشآت النووية لمشكلات أو تسربات بسبب الهزات الأرضية أو البراكين، وما يترتب عليها من آثار بيئية وصحية يستحيل التعامل معها. وبرغم أنه لم يمت أو يجرح أو يُؤذَ أحد خلال مشكلة مفاعل بنسلفانيا الأمريكي، فقد ترتب على انفجار مفاعل تشيرنوبل موت 32 شخصاً خلال أشهر قليلة، وأصيب حوالي 200 شخص بإشعاعات بمستويات متفاوتة، ولكنهم بقوا على قيد الحياة، وسبب ذلك أن مفاعل تشيرنوبل لم يكن تراعى فيه اشتراطات الأمان أو الصيانة. ومنذ عام 1986 تم اكتشاف حوالي 4000 حالة إصابة بأمراض سرطانية مختلفة في المنطقة المحيطة بالمفاعل، ولكن تم علاجهم بنجاح، في حين صعب علاج تسع حالات مستعصية.[61]

ومن المنظور البيئي والصحي البحت، وكما هو موضح بالشكل (2-5)، تأتي الطاقة النووية في مقدمة المصادر الأقل توليداً للانبعاثات الغازية الضارة بالبيئة وبصحة الإنسان، وقد مثل البعض انعكاسات الاعتماد على الطاقة النووية في الولايات المتحدة الأمريكية بانخفاض ثاني أكسيد الكربون في الجو بما يعادل إيقاف عمل 94 مليون سيارة.[62] فمحطة نووية بسعة 1 جيجاواط يمكن أن يترتب على إنشائها تجنب ملوثات كربونية تصل إلى حوالي 1.75 مليون طن سنوياً إذا حلت محل محطة تعمل بالفحم، وتجنب حوالي 1.2 مليون طن سنوياً إذا حلت محل محطة تعمل بالنفط، وتجنب حوالي 0.7 مليون طن إذا كانت المحطة تعمل بالغاز.[63]

الشكل (2-5)

الملوثات الكربونية الناتجة من المصادر المختلفة لتوليد الطاقة



المصدر:

International Atomic Energy Agency, "Report on Nuclear Energy and Sustainable Development," 3 <www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/06-13891_NP&SDbrochure.pdf>

ويبادر أنصار صناعة الطاقة النووية بالقول بأنه «في مقابل المخاطر الاحتمالية التي يتحدث عنها معارضو صناعة الطاقة النووية، فإن صناعات التوليد الأحفورية تنطوي على مخاطر صحية فعلية ومؤكدة ومحتملة». ووفق رأيهم، فإنه يصعب مقارنة أرقام من ماتوا في مناجم الفحم حول العالم بمن ماتوا أو تضرروا من حوادث المفاعلات النووية. ففي الولايات المتحدة الأمريكية وحدها مات 834 شخصاً في مناجم الفحم من عام 1996 وحتى مطلع 2007، أي في أقل من 10 سنوات. بل إنه وفق الإحصاءات الأمريكية الرسمية،[64] بلغ إجمالي من فقدوا حياتهم في مناجم الفحم 44819 عاملاً خلال الفترة 1936-1999. أما في الصين فقد قدرت أعداد الموتى في حوادث مناجم الفحم بحوالي 7000 عامل في المتوسط خلال عام 2003.[65]

ويمكن للحكم نفسه أن يمتد إلى حوادث حقول النفط، وفي محطات التكرير، ولنذكر مثالاً بالحادث الذي وقع في حقول الغاز البلجيكية عام 2004، حيث مات 21 وجرح أكثر من 120 شخصاً، ناهيك عن أعداد الوفيات في الحوادث التي وقعت في نيجيريا أو العراق...الخ. وفي المقابل، ورداً على الرؤى المعارضة التي تتحدث عن عشرات الآلاف من الحالات المصابة من الإشعاعات النووية، يرى أنصار هذه الصناعة أنها مجرد تحليلات نظرية، بنيت على افتراضات وهمية أو ضعيفة السند أو المصدر، إذ لم يثبت أن هناك علاقة ارتباط بين الأمراض المختلفة كالسرطان ووجود المحطات أو المفاعلات النووية.[66]

وتشكل اتفاقية الأمان النووي الإطار القانوني الدولي لكافة المعنيين بهذه الصناعة، فهي اتفاقية مُلزمة تم اعتمادها خلال المؤتمر الدبلوماسي المنعقد في حزيران/ يونيو 1994، بهدف تفادي حدوث كوارث نووية على غرار كارثة

تشيرنوبل التي وقعت عام 1986، وماتزال المنطقة والدول المحيطة بها تعاني آثارها وانعكاساتها السلبية. وتتلخص أهداف معاهدة الأمان النووي في ثلاثة أهداف رئيسية؛ هي:

أ. بلوغ مستوى عالٍ من الأمان النووي على نطاق العالم، والحفاظ على ذلك المستوى من خلال تعزيز التدابير الوطنية والتعاون الدولي، على نحو يشمل عند الاقتضاء التعاون التقني فيما يتعلق بالأمان.

ب. إنشاء دفاعات فعالة في المنشآت النووية ضد الأخطار الإشعاعية المحتملة، والحفاظ على تلك الدفاعات، لحماية الأفراد والمجتمع والبيئة من الآثار الضارة للإشعاعات النووية الناتجة عن مثل هذه المنشآت.

جـ. الحيلولة دون وقوع حوادث ذات عواقب إشعاعية، وتخفيف حدة هذه العواقب في حال وقوعها.

وقد وضعت اتفاقية الأمان النووي أربعة شروط أساسية هي: ضرورة توفير كافة معايير الأمن والأمان والسلامة العامة في أي من البنى التحتية لمنشآتها النووية؛ وتوفير الخبرات اللازمة في مختلف مجالات تطبيقات التقنيات النووية؛ وضمان الإطار التشريعي والتنظيمي؛ وتوفير أجهزة الإنذار المبكر والبناء المحكم والمتقدم.

وإذا كانت المسؤولية عن مراعاة اشتراطات الأمان هي مسؤولية سلطات الدولة في المقام الأول، فإن التعاون الدولي في هذا المجال يكون محبذاً، حيث يمكن بلوغ أعلى مستويات الأمان. فمؤسسة كالوكالة الدولية للطاقة الذرية وضعت ميثاقاً واضحاً لاشتراطات الأمان والأمن، كما وضعت الآليات والحلول للتعامل مع

المشكلات مثل مشكلة حدوث تسرب إشعاعي مفاجئ، أو آليات ضمان عدم وصول تقنيات هذه الصناعة إلى أيد عابثة.[67]

وقد نظمت الاتفاقات والمعايير والمؤسسات الدولية أيضاً مسألة التأمين والمسؤولية في حال حدوث أخطار ناتجة عن المحطات النووية، فمسؤولية مالك المحطة وفقاً لاتفاقية فيينا لعام 1963 وتعديلاتها عام 1997 تنحصر في حدود 300 مليون من حقوق السحب الخاصة (وحدة قياس يطبقها صندوق النقد الدولي). وتكمن الحكمة من حصر المسؤولية، وتحديدها بهذا الحد المتواضع، في حفز المستثمرين على الاستمرار في هذه الصناعة بما يضمن تطورها، وإلا سيهربون نحو استثمارات أخرى أقل مخاطرة إذا ما تصاعدت المسؤولية المادية. ومن ثم فإن حصر المسؤولية في هذا الإطار يوفر دعماً كبيراً لهذه الصناعة.[68]

2. التعامل مع المخلفات النووية

تعتبر مشكلة المخلفات النووية واحدة من أهم المشكلات التي تعترض طريق هذه الصناعة، حيث تثار تساؤلات كثيرة عن كيفية تصريفها أو تخزينها ومخاطرها الحالية والمستقبلية، وتكلفة التخزين...الخ. ووفقاً للإحصاءات المتاحة، فإن توليد الطاقة الكهربائية من محطة نووية بقدرة 1 جيجاواط يخلف حوالي 300 متر مكعب من المخلفات المنخفضة والمتوسطة، وحوالي 30 متراً مكعباً من المخلفات العالية والصلبة سنوياً. وعلى مستوى العالم ووفقاً لإحصاءات عام 2005، فإن محطات توليد الطاقة النووية تخلف سنوياً حوالي 200 ألف متر مكعب من المخلفات المنخفضة والوسيطة وحوالي 10 آلاف متر مكعب من المخلفات العالية المخاطر. وأهم وأبرز

الحلول المتبعة حالياً في التعامل مع تلك المخلفات، يتمثل في دفن النفايات في مستودعات تخزين في أعماق الأرض بعيداً عن البيئة التي يعيش فيها الإنسان.[69]

وفي سبيل الحد من المخاطر البيئية والصحية، تمكن الفنلنديون (لدى فنلندا 4 مفاعلات تعمل الآن بكفاءة عالية) من تخزين المخلفات في مخازن عالية التقنية والأمان، وبين الصخور الصلبة التي يبلغ عمرها حوالي مليارَي عام، وبعمق مئات الأمتار عن سطح الأرض، وهذه المخلفات قادرة على الاستمرار في وضعها الآمن لمئات السنين.[70] ولكن معارضي صناعة الطاقة النووية يرون أن تلك المخلفات، برغم كل اشتراطات الأمان والتخزين، تنطوي على مخاطر كبرى وبخاصة عند حدوث الزلازل أو الفيضانات الكبرى مثل تسونامي.

ويرد أنصار صناعة الطاقة النووية على ذلك بأن المخلفات النووية تمثل نسبة ضئيلة مقارنة بمخلفات مصادر الطاقة الأخرى، إذ لا يتعدى حجم المخلفات النووية السنوية للمحطات الأوربية 500 متر مكعب، وهو ما يمثل أقل من 5 من الألف من مخلفات المصادر الأخرى. ويرى الخبراء أن قضية تخزين المخلفات النووية ليست مشكلة تقنية مستعصية بقدر ما هي مشكلة سياسية وإدارية ويسهل القضاء عليها. فالتخزين في باطن الأرض أفضل وسيلة، وقدر بأنها يمكن أن تبقى مخزنة بشكل آمن لمدة تزيد على مليون عام.[71]

3. المخاطر الأمنية

يرى معارضو صناعة الطاقة النووية أنها يمكن أن تصل إلى أنظمة مارقة، والأخطر من ذلك أن تقنيات هذه الصناعة في حال توسعها ستصعب السيطرة

عليها، ويمكن أن تصل إلى أيدي الإرهابيين، وبالتالي تصبح كارثة تستحيل السيطرة عليها أو تفادي آثارها. وقد وضعت المنظمات الدولية المعنية المعايير التي على أساسها يمكن ضمان عدم امتداد أيادي الإرهاب إلى تلك المنشآت. ومن جانب آخر عززت محطات الطاقة النووية المنتشرة عالمياً من إجراءاتها الأمنية حول المنشآت.[72] فبعد اعتداءات 11 سبتمبر، على سبيل المثال، أنفقت حكومة الولايات المتحدة الأمريكية 1.2 مليار دولار لزيادة اشتراطات الأمن والأمان في المفاعلات، كما يوجد الآن 8000 رجل أمن يحرسون 64 مفاعلاً في الولايات المتحدة. وقد ترتب على ذلك ارتفاع في التكاليف بحوالي 60٪ مقارنة بالوضع قبل أحداث 11 سبتمبر 2001.[73] ولكن هذا الارتفاع في التكاليف لا يمكن أن يعادل الارتفاع في تكاليف الوقود الأحفوري خلال الفترة نفسها.

وفي سبيل تجنب وصول أسرار هذه الصناعة إلى الجماعات الإرهابية، ينبغي أن تتمتع الوكالة الدولية للطاقة الذرية بالحق الكامل في متابعة وتفتيش ومراقبة محطات الطاقة النووية المنتشرة حول العالم. وفي اجتماع في الوكالة عام 2006 حضره 300 مشارك من 61 دولة، توافق جموع الحضور على ضرورة تركيز أنشطة تخصيب اليورانيوم في عدد معين من الدول، بحيث تضمن الوكالة عدم وصول اليورانيوم المخصب إلى العناصر الإرهابية، بينما تضمن الوكالة الدولية للدول المهتمة بصناعة الطاقة النووية للأغراض السلمية توافر الإمدادات من الوقود النووي المخصب، بما يلبي احتياجاتها، وحتى لا تتعرض صناعتها للتوقف.[74]

الفصل الثالث

محددات نشأة وتطور صناعة توليد الطاقة النووية

يتطلب الدخول إلى عالم صناعة الطاقة النووية المرور بمراحل عديدة، وفق إطار زمني محدد يبدأ بالمشروع كفكرة، وينتهي بمرحلة ما بعد إغلاق المحطة النووية وتفكيكها، وهذه المراحل هي:[1]

1. ما قبل المشروع (1-3 سنوات): تتضمن هذه المرحلة تخطيط نظام الطاقة، ووضع الإطار القانوني والتنظيمي، ومسح البنية التحتية، ومسح الموقع والتقويم البيئي، ومسح العنصر البشري وبرنامج التطوير.

2. اتخاذ القرار بشأن المشروع (3-7 سنوات): تتضمن هذه المرحلة دراسة جدوى ما قبل الاستثمار، واختيار الموقع وتقويمه، وإعداد المناقصة وتلقي العروض، وتقويم العروض، وإنهاء التفاوض والتعاقد، ثم البدء في تنفيذ المشتريات الأساسية.

3. بناء المحطة (3-6 سنوات): تشمل هذه المرحلة إعداد البنية الأساسية للموقع، ووضع تصميم هندسي مفصل، وتصنيع الأجهزة والمكونات، والبناء والتشييد والتنصيب، والحصول على الموافقات اللازمة لتشغيل المشروع.

4. تشغيل المحطة (30-60 عاماً): تتضمن هذه المرحلة عمليات التشغيل والصيانة.

5. تفكيك المحطة (5-50 عاماً بعد إغلاق المحطة): تتضمن هذه المرحلة تطهير الموقع، وتفكيك المحطة، واستعادة الأصول المادية، والتعامل مع المخلفات بتخزينها والتخلص منها.

ومن الواضح أن جميع هذه المراحل تعتمد على ثلاث مجموعات من المحددات الأساسية التي ينبغي توافرها قبل الدخول في مشروع لإنشاء محطة نووية، وهي المحددات البشرية والتقنية والبحثية، والمحددات الرأسمالية، وأخيراً المحددات المؤسسية والتشريعية.

أولاً: المحددات البشرية والتقنية والبحثية

1. رؤية عامة لأهمية العنصر البشري في مجال الصناعة النووية

صُنِّفت التقانة النووية على أنها أحد أعظم الإنجازات العلمية التي اكتُشفت في القرن العشرين، فهي تمثل مكوناً عالي القيمة من رأس المال الفكري القابل للانتقال للأجيال القادمة؛ فهذه الصناعة أصبح لها بناء قوي من العلم والتقانة، إذ إنها مصدر للطاقة قائم في الأساس على المعرفة، وبدرجة أقل على المادة، مقارنة بالمصادر الأخرى المعروفة، كما أنها توفر فرصاً وظيفية عالية التقنية والدخل، وتتيح الفرص للإبداع والابتكار في كافة المجالات، بدءاً من الطب وحتى تقنيات المعلومات.[2]

وبناءً عليه، فإن توافر العناصر البشرية بعدد وبتأهيل كافيين يعتبر العامل الأكثر أهمية، لأنه يضمن أن تتم عملية تشغيل المفاعلات بشكل آمن وبطرق عالية الكفاءة، ومن ثم فإن غياب العناصر البشرية المؤهلة يشكل عقبة رئيسية أمام تطور هذه الصناعة في الكثير من الدول التي تسعى لاستضافة التقنيات النووية، ويتطلب ذلك اجتذاب وتطوير الموارد البشرية ببرامج واستراتيجيات هادفة للتنمية البشرية،[3] وهو ما يضمن استمرار توافر العنصر البشري بالإمكانات والمهارات الكافية لتغذية هذه الصناعة.[4]

وفيما يختص بالتعليم النووي ودور الحكومة، فيتجسد دور الحكومة في وضع الاستراتيجيات لهذه الصناعة، وجعلها خياراً للتنمية المستدامة، بالإضافة إلى دعمها للأقسام العلمية في الجامعات والمراكز البحثية، وتقديم التمويل والدعم والمنح لطلاب هذا التخصص، مع توفير دعم أكبر لأنشطة البحث والتطوير النووي. فتطوير العنصر البشري في هذه الصناعة يتطلب إنفاق ملايين الدولارات على منح للدارسين في هذا المجال، ولمعامل ومراكز الأبحاث النووية وغير النووية.[5] هذا، ناهيك عن دورها في إعادة تصحيح انطباع الرأي العام بشأن هذه الصناعة، ومن ثم حفز المزيد من المتميزين إلى التسجيل في هذا التخصص النادر، بالإضافة إلى دعمها لتعميق الروابط بين التعليم النووي والصناعة.[6]

وبرغم أن أعداد الخبراء والباحثين والعاملين في هذه الصناعة تبدو ظاهرياً كافية، فإن حقيقة الأمر أن هذه الأعداد أغلبها تخطى سن الأربعين، كما أن هذه الأعداد لن تكفي لتلبية الاحتياجات المستقبلية لهذه الصناعة التي تشهد اهتماماً واسعاً في مختلف دول العالم.[7]

وفي سبيل حفز المتميزين إلى الدراسة في تخصص الهندسة النووية، ذهب البعض إلى أنه لابد من تقديم حزمة من الحوافز، منها تقديم المنح للدراسات العليا، بالإضافة إلى ضمان فرص وظيفية مبكرة للطلاب المتميزين في هذا التخصص، كأن يتم ضمان عشر فرص وظيفية للعشرة الأوائل للعمل في الجامعة أو في مراكز بحثية معينة أو في كبريات الشركات...الخ، حيث إن ضمان فرصة عمل متميزة سيحفز الطلاب المتميزين إلى الدخول في برامج وتخصصات الهندسة النووية (أو التخصصات المغذية لها) والإبداع فيها. وهذا الضمان يتم تمويله بالتعاون بين كل من الحكومة والقطاع الخاص والمؤسسات البحثية. كما أن من الأفضل العمل على تعليم

مهندسي الطاقة النووية من خلال مجموعات، تتعلم معاً منذ البداية ثم تنتقل إلى المحطات النووية، وتعمل أيضاً بالطريقة الجماعية نفسها، بما يضمن النجاح والأمان.[8]

2. أوضاع العنصر البشري في المجال النووي في الدول المتقدمة والنامية

أ. الوضع في الولايات المتحدة الأمريكية

في ضوء التحولات الجارية حالياً، وتصاعد الاهتمام من جديد بهذه الصناعة، فإن أهم عقبة تواجه إعادة إحياء صناعة الطاقة النووية في الولايات المتحدة الأمريكية تتمثل في فجوة العنصر البشري، إذ إن من المتوقع تقاعد حوالي 16 ألف عامل ومتخصص وباحث في صناعة الطاقة النووية خلال السنوات الخمس القادمة. وهذا العدد يشكل حوالي 28٪ من إجمالي العاملين في هذه الصناعة في الولايات المتحدة. كما أن حوالي 50٪ من العاملين في هذه الصناعة هم فوق سن الـ 48 عاماً، و7٪ فقط هم تحت سن الـ 33 عاماً. فالصناعة تعاني ندرة المتخصصين، سواء على المستوى الأكاديمي أو الصناعي.[9]

وقد وصلت الولايات المتحدة الأمريكية إلى هذا الوضع نتيجة تراجع أعداد خريجي التخصصات النووية. فالجامعات الأمريكية على كثرتها لا تخرج سنوياً إلا 500 من المتخصصين في الهندسة النووية، بل إن حوالي 200 فقط منهم يقررون العمل في قطاع توليد الطاقة النووية. ولهذا يطالب كثير من الدراسات والخبراء بأن تعيد الولايات المتحدة الاستثمار بكثافة في هذه الصناعة خلال السنوات الخمس القادمة، وإلا ستفقد الريادة في هذا الميدان.[10] وكذلك، على مستوى المقررات التعليمية الخاصة

بالعلوم النووية، تراجعت أعـداد الـبرامج مـن 77 برنامجاً تعليمياً عـام 1975 إلى 33 برنامجاً عام 2003، كما تراجعت أعداد المفاعلات الجامعية البحثية بحوالي النصف منـذ منتصف الثمانينيات. وفي ضـوء تلـك المـؤشرات، فبعـد أن كانـت الولايـات المتحـدة الأمريكية تقود باقي دول العالم بالنظر إلى أعداد المسجلين في التخصصات النووية عـام 1975، أصبحت تحتل المرتبة 16 مع مطلع الألفية الثالثة، بعد كل مـن فرنـسا واليابـان وكوريا الجنوبية وحتى تايوان وفنلندا والمملكة المتحدة والسويد.[11]

وقد بلغت أزمة هذه الصناعة ذروتها في الولايات المتحدة الأمريكية عـام 1998 عندما وصلت مخصصات ميزانية وزارة الطاقـة الأمريكيـة لـصناعة الطاقـة النوويـة السلمية إلى الصفر، ولهذا أسماها الـبعض بالأيـام المظلمـة لـصناعة الطاقـة النوويـة الأمريكية. ولهذا دعت الدراسات إلى إعادة تبني نظام فيدرالي يدعم هندسـة الطاقـة النووية والعلوم النووية والمشتغلين بها، حتى تمكن مواجهة تحـديات القـرن الحـادي والعشرين وتلبية احتياجات الولايات المتحدة من الطاقة.[12]

يستفاد من هذا أن الحكومة الأمريكية كانت، ولاتزال، هـي الـداعم والمحـرك والمحفز لنمو وتطور صـناعة الطاقـة النوويـة، عـلى الأقـل في جانـب دعـم أنـشطة البحوث والتطوير، وبخاصة أن الصورة تغيرت كلية في الـسنوات الأخـيرة، حيـث عادت الحياة للصناعة النووية في الولايات المتحدة الأمريكية وفي باقي أرجاء العـالم. وترتب على ذلك تضاعف عدد الطلاب الجامعيين المسجلين في تخصـصات الهندسـة النووية، وبعد أن كان عدد الطلاب المسجلين في تخصص التقنية النوويـة عـام 1998 حوالي 60 طالباً فقط، تضاعف هذا العـدد إلى 1400 طالـب بنهايـة عـام 2004، كـما تضاعف التعاون العالمي لتطوير أجيال جديدة من المفاعلات.[13]

ب. الوضع في دول أوربا الغربية

إن الوضع في دول أوربا الغربية لا يختلف كثيراً عن نظيره في الولايات المتحدة الأمريكية باستثناء فرنسا. ففي دلالة على تراجع أعداد التخصصات والبرامج النووية، عرض البعض أمثلة من بعض الدول المعنية بهذه الصناعة: ففي بلجيكا تراجعت التخصصات النووية في الجامعات حتى مطلع الألفية الثالثة من 6 إلى 2، وفي بعض الدول الأخرى تم دمج تخصص الهندسة النووية مع تخصصات أخرى مثل البيئة أو الآلات... وعلى مستوى دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية بصفة عامة، تراجع التعليم النووي في أغلب الدول إلى مستوى وصف بأنه كارثي. ولهذا انتهى تقرير مهم[14] إلى أنه في ضوء تنوع مزايا صناعة الطاقة النووية والمجالات المستخدمة فيها، فإن هناك حاجة ملحة لإنقاذ برامج التعليم النووي في جامعات دول منظمة التعاون والتنمية، وإشاعة أهمية هذه النوعية من الدراسات بين الطلاب. وعليه، بعد عودة الاهتمام بصناعة الطاقة النووية بقوة، بدأت الجامعات الغربية إحياء وتقوية التخصصات النووية.

وبينما تراجعت أعداد المتخصصين والمدرسين والطلاب في كل من الولايات المتحدة الأمريكية وبريطانيا، نجد الوضع على خلاف ذلك في فرنسا حيث كانت هناك زيادة مستمرة في أعداد المتخصصين والخبراء في تخصص وصناعة الهندسة النووية. هذا التباين ربما يفيد دول مجلس التعاون ومع باقي الدول العربية المعنية بتطوير هذه الصناعة عند اختيارها للمصدر الذي ستعتمد عليه في مرحلة دخولها في هذه الصناعة، فكل من فرنسا واليابان وكوريا الجنوبية أكثر تأهيلاً للاستفادة من خبراتها مقارنة بكل من بريطانيا والولايات المتحدة.

وبينما بلغ متوسط أعمار خبراء الطاقة النووية من أساتذة الجامعات عام 1998 سن 50 سنة في الولايات المتحدة الأمريكية و52 في بلجيكا، نجد أن متوسط أعمار خبراء الطاقة النووية الفرنسيين كان يدور حول سن 34 سنة. وحوالي 49٪ من إجمالي أساتذة العلوم النووية الفرنسيين تراوحت أعمارهم مابين 21 و30 عاماً، وكان 13٪ منهم فقط هم ممن تزيد أعمارهم على 40 سنة.[15]

جـ. الوضع في كوريا الجنوبية[16]

عزا البعض نجاح صناعة الطاقة النووية في كوريا الجنوبية في المقام الأول إلى البرنامج الصارم للتنمية البشرية، الذي ما كان له أن ينجح لولا الدعم الحكومي من البداية حتى النهاية، عبر التعليم والتدريب لمئات الطلاب الكوريين الجنوبيين في الخارج (للولايات المتحدة في المرحلة الجامعية الأولى) لاقتناء واكتساب المهارات في مجالات الهندسة النووية المختلفة. وبمرور الوقت تحولت كوريا الجنوبية من بلد مستورد للتقنية والخبراء في مجال الهندسة النووية، إلى بلد مصدر للصناعة والخبراء.

د. الوضع في الأرجنتين[17]

في الأرجنتين، وإدراكاً منها بأن هناك حاجة ماسة إلى تحديث وتطوير العناصر البشرية العاملة في مجال الطاقة النووية، عاود هذا البلد منح الباحثين الشبان مِنحاً لدراسة الهندسة النووية، والحصول على التدريب في مجالات بعينها. وكان إنشاء المعامل التدريبية والبحثية ركيزة أساسية مكنت الأرجنتين من تعميق دراسات الهندسة النووية، ومن ثم تغذية الصناعة بالكفاءات على مدى العقود الخمسة الماضية. كما تم تشجيع القطاع الخاص الأرجنتيني على إنشاء شركات متخصصة ومغذية لتعليم الهندسة النووية. ولهذا انتهى البعض إلى أن إنشاء هذه الشركات

شكّل وسيلة فاعلة في نقل التقنيات، وفي الحفاظ على قدرات عناصر العمل والكفاءات الأرجنتينية العاملة في صناعة الطاقة النووية، وتطويرها.

وإدراكاً من الأرجنتين لأهمية إحياء الاهتمام بصناعة الطاقة النووية ثم الحاجة إلى التعليم في تخصص الهندسة النووية، تعلن الأرجنتين وغيرها من الدول (مثل كوريا الجنوبية) عن استعدادها التام لتقديم الخدمات التعليمية والتدريبية في تخصص الهندسة النووية لأي بلد يطلب ذلك، لما للأرجنتين من خبرة طويلة في هذه الصناعة. فقد طوّرت الأرجنتين تخصص الهندسة النووية، ووسّعت من تطبيقاته إلى مجالات أخرى كالتطبيقات الطبية وغيرها. وجمعت بين التعليم والتدريب للعاملين في هذه الصناعة.

هـ. الوضع في الأردن[18]

في ضوء تنامي احتياجات الأردن من الطاقة الكهربائية، أعلن عن جديته في الدخول في برنامج وطني للطاقة النووية، بل هو يخطط حالياً لإنشاء مفاعل يتم الانتهاء منه خلال السنوات العشر القادمة.

وقد شكل إنشاء برنامج لتعليم الهندسة النووية خطوة أولية من خطوات الأردن نحو إقامة بنية أساسية جادة لصناعة الطاقة النووية التي ستكون أحد مصادر تغطية احتياجاتها من الطاقة خلال العقدين القادمين. وقد خططت الجامعة الأردنية لاستقبال الطلاب في العام الجامعي 2007 – 2008 في تخصص الهندسة النووية، بحيث يتم تخرجهم عام 2011، وهو العام الذي ستبدأ فيه الأردن المرحلة الأولى في بناء محطتها النووية الأولى. ولهذا، فإن من المنطقي أن يتركز الاهتمام على نقل التقنية

النووية إلى طلاب تخصص الهندسة النووية، حتى يكونوا على استعداد لدخول ميدان العمل فور تخرجهم، ليشكلوا بعد ذلك لبنة أساسية لانطلاق هذه الصناعة.

ويهدف قسم الهندسة النووية في الجامعة الأردنية إلى تعليم الطلاب المبادئ الأساسية في تخصص الهندسة النووية، مع إعداد الطلاب للدخول في دراسات عليا في هذا التخصص. وفي الوقت نفسه يتم تعليم الطلاب مسائل متخصصة، مثل قياس الإشعاع واعتبارات الأمان وغير ذلك من المسائل التي يمكن أن تثيرها هذه الصناعة، كطرق تصميم المفاعلات وأسسها. وفي سبيل إنجاز الهدف من البرنامج، يخطط القسم لتوفير كافة التيسيرات والأدوات التي يتطلبها هذا التخصص، مثل مَعامل قياس الإشعاع ومعامل الحاسوب العالية السرعة، ومعامل المعايير البيئية، بالإضافة إلى توفير مفاعل بحثي وتدريبي.

ويتوقع أن يشتمل البرنامج الدراسي على 159 ساعة معتمدة، وهي متطلبة للحصول على درجة البكالوريوس في الهندسة النووية. وحتى يتم ضمان نجاح العملية التعليمية في تخصص الهندسة النووية، تخطط الجامعة الأردنية لاستقطاب الكفاءات من الأكاديميين والمدربين من مختلف دول العالم، وأولئك الذين لهم خبرة عملية في تخصص الهندسة النووية، حتى يكونوا قادرين على نقل خبراتهم للطلاب الأردنيين. ولهذا فإن عملية البحث عن أولئك المتخصصين لابد من أن تبدأ في أقرب وقت ممكن. وهذه العملية تبدو أكثر اقتصاداً مقارنة بعملية إرسال الطلاب للدراسة في الخارج على نفقة الجامعة (وهي الطريقة الأكثر تفضيلاً عند أغلب دول العالم الثالث). أما درجة الدكتوراه في الهندسة النووية فليس لدى الأردن في الوقت الراهن الإمكانات ولا التطبيقات أو المفاعلات التي تمكن باحث الدكتوراه من إجراء الجانب العملي في دراسته، وهي عملية ستكون بالتالي عالية التكلفة في هذه المرحلة،

ولهذا سيتم اعتماد طريقة إرسال باحثي الدكتوراه للخارج للاستفادة من خبرات الدول السباقة في هذه الصناعة.

وفي هذه المرحلة تقوم الجامعة بعملية الترويج لهذا التخصص بمختلف أساليب الترويج، حتى يمكن اجتذاب أفضل الطلاب لدراسة هذا التخصص الدقيق، كما أن من المخطط ألا يتم التوسع في أعداد الطلاب، حتى تكون الفرصة مهيأة لتحقيق أعلى درجات التحصيل. فالمتوقع أن يقبل التخصص بشكل سنوي حوالي 20-25 طالباً، ولهذا العدد المحدود مبررات وحكم أخرى، منها أن الخريجين على مدى 10 سنوات سيكون لهم فرص مؤكدة في الحصول على عمل في المحطة النووية الأردنية المزمع إنشاؤها، كما أن حصر العدد في 20 طالباً سيتيح الفرصة لاختيار أفضل الخريجين، كما أن عدد الطلاب إلى عدد المدرسين سيكون في الإطار المقبول بما يضمن إنجاز الأهداف بأقصى مستوى ممكن.

و. الوضع في فيتنام[19]

بعد إنشاء جامعة هانوي للتكنولوجيا، بدأت فيتنام إرسال المتميزين من شباب الباحثين للخارج لدراسة الفيزياء والهندسة النووية، وكان إنشاء قسم الهندسة النووية اللبنة الأولى لجامعة هانوي التي تذخر حالياً بعشرات الكفاءات في تخصص الهندسة النووية. وذكرت دراسة أن أهم الدروس المستفادة من تجربة جامعة هانوي على مدى 37 عاماً أنها وضعت من البداية أهدافاً واضحة وقابلة للتنفيذ، مع تحديد علاقة الارتباط ما بين البرامج التي يتم تدريسها وواقع السوق في البلد، وهو ما ضمن نجاح البرنامج. وفي الوقت نفسه تم الاستمرار في تدريب المعلمين وكبار الباحثين على اقتناء وتعلم كل ما هو جديد في عالم هذه الصناعة. وبعد أن أعدّت

الأرضية جيداً أعلن رئيس وزراء فيتنام عن وضع استراتيجية للاستخدام السلمي للطاقة النووية لتكتمل عام 2020.

ثانياً: المحددات الرأسمالية والبنية الأساسية والدعم الحكومي

أوضحنا في هذه الدراسة أن صناعة الطاقة النووية تأتي في مقدمة الصناعة الكثيفة الاستخدام لرأس المال، وفي الوقت نفسه تنطوي على قدر مرتفع من المخاطر. ولهذا، لا يقوى على الدخول فيها في مراحلها الأولى إلا الدولة، فقد كانت بداية صناعة الطاقة النووية على يد الحكومات من خلال استثمارات طويلة الأجل، مع توفير البنية الأساسية والبيئة القانونية المساعدة لنشأتها وتطورها، كما لاتزال الدولة هي الداعم الأول لتطور هذه الصناعة في البلدان المتقدمة. فعلى سبيل المثال، أعلن قسم الطاقة بوزارة الطاقة الأمريكية برنامجه لدعم هذه الصناعة حتى عام 2010، حيث سيتم توفير الدعم لمجالات تصميم المفاعلات وعمليات الإنشاء، والحصول على التراخيص، مثل تراخيص الإنشاء والتشغيل...الخ.[20]

وكانت البداية في بعض الدول بإنشاء تلك المحطات لاعتبارات الأمن القومي، من خلال توفير مصدر مستقر للطاقة، برغم ارتفاع تكلفتها آنذاك. بل إنه حتى الآن، لاتزال أغلب الدول تفكر بالمنطق نفسه، باعتبار أن أمن الطاقة جزء من الأمن القومي.[21] كما يتطلب تطور هذه الصناعة تدخّلاً حكومياً جاداً، وبخاصة للتعامل مع مشكلات الأمان النووي، والمخلفات النووية، ومنع انتشارها ووصولها إلى جماعات متطرفة.[22] كما أن دور الحكومة يعتبر ضرورياً لأنها تضع الإطار التنظيمي والتشريعي والسياسات التي ستسمح بانسياب عملية انطلاق هذه الصناعة.[23]

وحتى مع دخول القطاع الخاص في عالم هذه الصناعة، رأينا أن تكلفة رأس المال العالية ربما تعوق دخول القطاع الخاص من خلال سعر الخصم المرتفع، ولهذا يبقى دور الدولة مهماً لتقديم قروض بأسعار فائدة منخفضة تحفز المستثمرين إلى دخول هذا القطاع. وعليه، ونتيجة لتشجيع الدولة للقطاع الخاص، وبعد أن تعالت القدرة الإنتاجية للمفاعلات، بدأت هذه الصناعة تدخل في المجال التجاري منتصف ستينيات القرن العشرين. وبدأت الحكومات منذ بداية الثمانينيات في تحرير سوق صناعة توليد الكهرباء. ومن ذلك الحين تعالت المنافسة بين مصادر توليد الطاقة الكهربائية.[24] ولضمان تطور هذه الصناعة، لا ينبغي أن يقتصر دور الدولة على تقديم الإقراض الميسر، إذ لابد من أن تتدخل الحكومة لتقديم مختلف الضمانات والتيسيرات، مع توفيرها إطاراً تشريعياً مستقراً وكفئاً، وبذلك يضمن المستثمرون أنهم لن يكونوا عرضة لضربات مفاجئة، ولاسيما أن هذه الصناعة تدر العائد على مدى فترة حياة المحطة، التي تصل إلى 60 عاماً كما ذكرنا.[25]

ويمكننا تلخيص دور الدولة في تخفيف عبء التكلفة الرأسمالية في صناعة الطاقة النووية من خلال تلخيص ما خلصت إليه دراسة مهمة،[26] في أربعة اقتراحات مهمة على النحو التالي:

1. على الحكومة اقتسام تكلفة الاقتراض والتراخيص للمحطات النووية، وهو التوجه الذي أخذت به مؤخراً وزارة الطاقة الأمريكية.

2. على الحكومة الاعتراف بالطاقة النووية كمصدر خالٍ من الملوثات الكربونية، وأن يتم تضمين المحطات النووية بصفتها خياراً في أي توجه نحو التوسع في مشروعات الطاقة.

3. دراسة تقديم دعم ولو بسيطاً (كالإعفاء أو خفض ضريبة الإنتاج) للمشروعات الصغيرة أو المبتدئة لبناء محطات نووية ذات أغراض تجارية، حتى يمكن ضمان خفض في التكلفة، بما يمكن هذه الصناعة من المنافسة والصمود أمام مصادر التوليد التقليدية. فقد اقتُرح تقديم ائتمان ضريبة إنتاج يصل إلى 200 دولار لكل كيلوواط من الكهرباء من تكلفة الإنتاج لحوالي 10 من المحطات المبتدئة. واعتُبر ائتمان ضريبة الإنتاج أفضل وسيلة، لأنه يوفر أعلى حافز للمشروعات ليتم إنجازها، كما أنه يمكن مده أيضاً للتقنيات الأخرى الخالية من الكربون كالطاقة المتجددة (الرياح والشمس...). هذا الائتمان سيعني منح المحطة حوالي 70 دولاراً عن كل طن متري من الملوثات الكربونية يتم تجنبه.

4. ويمكن للحكومة أن تدعم أنشطة البحث والتطوير التي تدعم أهداف السياسة العامة في مجالات الأمان والتنظيم والآثار البيئية وإدارة المخلفات. إلا أن الدعم الحكومي للبحث والتطوير في هذه الصناعة ينبغي ألا يلغي الدعم الخاص والصناعي، وإنما لابد من تكامل تلك المصادر.[27]

وتنادي بعض الدراسات بأن يقتصر الدعم الحكومي على المجالات الأساسية، بحيث لا يتعدى ذلك إلى حد القضاء على قوى السوق، وبالتالي عرقلة هذه الصناعة عن القيام بدورها في إنجاز أهداف التنمية المستدامة. فالدعم الحكومي ينبغي أن يقتصر مثلاً على البحوث الأساسية، وضمان مسؤولية الطرف الثالث في حال حدوث كوارث غير متوقعة، كأن تكون ناتجة عن الزلازل أو البراكين أو الفيضانات... وعلى كل حال، فإن الدعم الحكومي لهذه الصناعة ينبغي تقويمه، في ضوء مستوى تطور الصناعة واحتياجاتها، وكذلك واقع السوق التي تعمل فيها، بما يضمن في النهاية تخفيف العبء الرأسمالي للمشروع.[28]

ثالثاً: المحددات المؤسسية والتشريعية

يتطلب الدخول في مشروع وطني للطاقة النووية من المنظورين المؤسسي والتشريعي توافر عنصرين رئيسيين وهما:

1. إنشاء هيئة أو وكالة وطنية تعنى بشؤون الطاقة النووية، بحيث تكون بمنزلة القناة الرئيسية وهمزة الوصل بين الداخل والخارج، والمسؤول الأول عن البرنامج النووي في القطر المعني، سواء أمام الجهات الرسمية أو العامة في البلد المعني، أو أمام الهيئات الدولية كالوكالة الدولية للطاقة الذرية، وغيرها من الهيئات الدولية والإقليمية والحكومية.

2. سن قانون أو تشريع وطني ينظم الاستخدامات السلمية للطاقة النووية، ووضع اللوائح التفسيرية والتنظيمية لهذا التشريع، بحيث يحدد بوضوح الحقوق والالتزامات، ومعايير الأمان ونطاق الاستخدام للمشروع النووي، ومختلف المسائل ذات الصلة، كالتعامل مع المخلفات والتعويض عن أضرار الإشعاع وحماية البيئة...الخ.

كما أن الإطار المؤسسي والتنظيمي يتطلب توافر جهاز إداري عالي التأهيل بما يتوافق وطبيعة هذه التقنية ومتطلباتها واستخداماتها. فالموافقة أو منح ترخيص بالتشغيل لا يكون إلا بعد عمليات تدقيق معقدة من قبل الموظف العام المتخصص، بحيث يتم ضمان مراعاة المشروع للاشتراطات المطلوبة كاعتبارات الأمن والأمان والاعتبارات البيئية. ولهذا قد يترتب على هذا التدقيق إطالة الإجراءات واستهلاك الوقت. ويعني الوقت في هذه الصناعة كثيراً من المنظور الاقتصادي، فتأخير منح ترخيص التشغيل لمدة عام أو أكثر أو أقل يعني تعطل تشغيل المحطة وتأخر تحصيل

العوائد، وفي الوقت نفسه استمرار سريان الفائدة على القروض، وربما تغير الأوضاع الاقتصادية.

وعليه، فقد أوضح البعض[29] أن من معوقات نمو هذه الصناعة في اليابان التعقيدات الإجرائية، لأن الحصول على موافقة بتخصيص الأرض والمكان الذي ستقام عليه المحطة النووية يستغرق حوالي 20 عاماً، برغم أن عملية الإنشاء والبناء والتشغيل لا تستغرق وقتاً طويلاً، مقارنة بالوقت المستغرق في استكمال الموافقات والإجراءات الحكومية.

وفي الولايات المتحدة الأمريكية، على سبيل المثال، تصدر تراخيص التشغيل للمفاعلات محددةً بمدة معينة كانت في البداية 30 عاماً، ثم امتدت لمدد أكبر مع تطور تقنيات بناء وتشغيل المفاعلات. ولكن بعد انتهاء مدة الترخيص قد يسعى مشغل المحطة (المالك) إلى تمديد الترخيص، وخاصة إذا كان المفاعل مؤهلاً لذلك. وبالفعل، حصل 30 مفاعلاً مؤخراً على تمديد للرخصة لمدة 20 عاماً إضافية، وهناك محطات أخرى في سبيل الحصول على رخصة التمديد ويتوقع استفادة باقي المحطات القائمة من ميزة تمديد رخصة التشغيل.[30]

ولهذا، فقد أدى تطوير وتبسيط إجراءات الترخيص لهذه الصناعة في الكثير من الدول إلى مزيد من التراجع في تكاليف الإنشاء، حيث كانت تكاليف الترخيص وغيرها من التكاليف الإدارية تشكل جزءاً مهماً في عنصر التكلفة الكلية.[31]

الفصل الرابع

فرص وتحديات قيام مشروع خليجي لتوليد الطاقة نووياً

يعنى هذا الفصل بالإجابة عن بعض التساؤلات حول توجه دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية نحو تبني برامج للطاقة النووية السلمية، وأهم هذه التساؤلات: ما المبررات والدواعي الاقتصادية لهذا التوجه؟ وما واقع صناعة توليد الطاقة الكهربائية في دول مجلس التعاون؟ وما قدرات هذه الصناعة على تلبية الطلب المتنامي على الطاقة في الحاضر وفي المستقبل؟ ثم ما المخاطر والسلبيات الاقتصادية والبيئية المترتبة على استمرار دول المجلس في اعتماد نمط التوليد القائم؟ وما فرص وتحديات قيام مشروع خليجي للطاقة النووية لإنجاز أهداف التنمية المستدامة بدول المجلس؟ وهل تمتلك دول مجلس التعاون الإمكانات اللازمة للدخول في هذه الصناعة؟ ومن وحي دراساتنا للتجارب المقارنة ولواقع صناعة الطاقة النووية عالمياً، ما الذي يمكن أن نقترحه على دول المجلس من أجل نشوء وتطور هذه الصناعة على أسس قوية تضمن لدول المجلس الاستدامة في التنمية، حتى في عصر ما بعد النفط؟

وللإجابة عن هذه التساؤلات عرضنا هذا الفصل في ثلاثة محاور: أولاً، أهم التحديات التي تواجه دول مجلس التعاون في مجال الطاقة الكهربائية. ثانياً، واقع قطاع الطاقة الكهربائية في دول مجلس التعاون وفرص تطويره. ثالثاً: تحديات ومحددات وإمكانات قيام مشروع خليجي للطاقة النووية.

أولاً: أهم التحديات التي تواجه دول مجلس التعاون في مجال الطاقة الكهربائية

إن دول مجلس التعاون، على خلاف ما هو ظاهر الآن، بحاجة أكثر من غيرها (مقارنة بباقي الدول العربية مثلاً) إلى البحث بجدية في مسألة تنويع مصادر الطاقة وتبني الخيار النووي، وغيره من خيارات الطاقة البديلة والمتجددة؛ فهناك كثير من التحديات التي تواجه دول المجلس في هذا الخصوص، ولكننا ركزنا أدناه على تحديين رئيسيين وهما: تحدي النمو السكاني، وتحدي التنمية الصناعية في دول مجلس التعاون (وهما يشكلان ركيزتين أساسيتين للتنمية المستدامة في دول المجلس).

1. تطور معدلات النمو السكاني في دول مجلس التعاون

كما هو موضح بالجدول (4-1)، تشهد دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية معدلات نمو كبيرة تعتبر الأعلى عالمياً.[1] ففي الفترة 1950-2007، أي خلال نصف قرن فقط، نما سكان دول المجلس بمعدل 898٪، أي من 4 ملايين نسمة عام 1950 إلى أكثر من 36 مليون نسمة عام 2007، مقارنة بمعدل نمو سكاني عالمي خلال الفترة نفسها بلغ حوالي 263٪. وبالنظر إلى التوقعات المستقبلية، وحتى عام 2050، من المتوقع أن ينمو عدد السكان عالمياً بمعدل 137٪ خلال 2007-2050، وفي المقابل يتوقع أن تشهد دول مجلس التعاون نمواً سكانياً يصل إلى حوالي 182.5٪، بحيث يتوقع أن ترتفع أعداد السكان من 36.1 مليوناً عام 2007 إلى حوالي 66 مليون نسمة بنهاية عام 2050.[2]

ففي المملكة العربية السعودية، على سبيل المثال، يُتوقع نمو السكان من حوالي 25 مليون نسمة حالياً إلى حوالي 45 مليوناً عام 2050. أما دولة الكويت التي يتوقع

لها أن تشهد أعلى معدلات النمو السكاني بين دول المجلس، فستتضاعف أعداد السكان فيها من 2.8 مليون نسمة (عام 2007) إلى 5.2 ملايين نسمة بنهاية عام 2050. كما تحتل مدينة دبي في دولة الإمارات العربية المتحدة المرتبة الأولى عالمياً من حيث معدل نمو السكان، بمعدل نمو سنوي للسكان بلغ 5.8٪،[3] ويتوقع استمرار تلك المعدلات في المستقبل المنظور.

الجدول (4-1)

تطور معدلات نمو السكان في العالم وفي دول مجلس التعاون والتوقعات حتى عام 2050 (بالآلاف)

	1950	2007	2015	2025	2050
العالم	2,535,093	6,671,226	7,295,135	8,010,509	9,191,287
السعودية	3,201	24,735	29,265	34,797	45,030
الكويت	152	2,851	3,378	3,988	5,240
البحرين	116	753	857	972	1,173
الإمارات	70	4,380	5,263	6,268	8,521
قطر	25	814	966	1,102	1,333
عُمان	456	2,595	3,051	3,614	4,639
الإجمالي	**4,020**	**36,128**	**42,780**	**50,741**	**65,936**

المصدر:

Population Division of the Department of the Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat (2007), *World Population Prospects: The 2006 Revision, Highlights* (New York: United Nations), 44-48 . <www.un.org/esa/population/publications/wpp2006/WPP2006_Highlights_rev.pdf>

في ظل تلك التحديات، يعد التوجه نحـو الطاقـة النوويـة توجهـاً منطقيـاً بـل وحتمياً. إن تضاعف أعداد السكان عـلى النحـو المـشار إليـه أعـلاه، يؤكـد أن دول المجلس أمام تحدٍ كبير، وهو توفير مختلف الاحتياجات لتلك الأعـداد، وفي مقـدمتها الحاجة إلى الطاقة. وإذا استمرت دول المجلس في اعتماد نمط إنتاج واستهلاك الطاقة القائم، فلاشك في أنها ستستهلك إجمالي إنتاجها من النفط والغاز، الذي قد لا يكفـي مستقبلاً لتلبية احتياجات السكان، وقد تضطر إلى الاستيراد من الخـارج. وفي ضـوء تلك المؤشرات، نعتقد أن التحرك الجاد مـن الآن نحـو وضـع اسـتراتيجية خليجيـة لتنويع مصادر توليد الكهرباء، يشكل مطلباً ضرورياً بـل وعقلانيـاً، إذا أمّلـت دول المجلس مسايرة واستدامة عملية التنمية.

2. تحدي التنمية الصناعية في دول مجلس التعاون

تواجه دول مجلس التعاون تحدياً كبـيراً بـالنظر إلى التنميـة الـصناعية وعلاقتهـا بالطاقة. وسبب ذلك يكمن في أمرين:

أ. أن دول مجلـس التعـاون وضـعت اسـتراتيجيات طموحـة للتنميـة الـصناعية تستهدف جميعها مضاعفة مساهمة الصناعة في الناتج المحلي الإجمالي، ومـضاعفة أعداد المصانع، وهذا يعني مضاعفة الاحتياجات من الطاقة الكهربائية اللازمـة لتشغيل هذه المصانع في وقت تعاني فيـه محطـات الكهربـاء القائمـة انقطاعـات متكررة وزيادة كبيرة في تكاليف تشغيلها وصيانتها.

ب. أن الصناعة الخليجية هي صناعة بنيت على أساسٍ مـن الميـزات النـسبية لـدول المجلس، وأغلبها يدور في إطار صناعة البتروكيماويات، وهي صـناعة تـصنف

عالمياً على أنها صناعة عالية التلويث للبيئة. وفي ظل خطط واستراتيجيات مضاعفة مساهمة قطاع الصناعة في الناتج المحلي، ينبغي أن نتوقع أيضاً مضاعفة معدلات التلوث، سواء أكان ذلك نتيجة قيام تلك الصناعات ذاتها، أم نتيجة مضاعفة استهلاكها من الطاقة الأحفورية.

وبصفة عامة، وعلى المستوى العربي، يعتبر القطاع الصناعي أكبر القطاعات المستهلكة للطاقة في الدول العربية، حيث قدرت حصته من الاستهلاك النهائي للطاقة عام 2002 بحوالي 35٪، مع ملاحظة تباين هذه النسبة بين الدول العربية. إلا أن الوضع في دول المجلس يختلف كثيراً، حيث يسجل فيها القطاع الصناعي أعلى معدلات الاستهلاك، فيستهلك حوالي 84.6٪ من الطاقة المستهلكة في دولة قطر و72.5٪ في دولة الإمارات العربية المتحدة، و58٪ في دولة الكويت، في حين يستهلك هذا القطاع حوالي 35٪ من إجمالي استهلاك المملكة العربية السعودية من الطاقة.[4]

وقد نجحت دول مجلس التعاون خلال العشرين عاماً الماضية في جعل صناعة البتروكيماويات في مقدمة الصناعات الأكثر أهمية ضمن اقتصادياتها، إذ ساهم إنتاج البتروكيماويات في دول المجلس بحوالي 7٪ من الإنتاج العالمي عام 2005، باستثمارات إجمالية في هذا القطاع بلغت 29 مليار دولار، وشكّل ذلك حوالي 60٪ من استثمارات المنطقة في قطاع الصناعة. وعلى مستوى دول المجلس، تهيمن المملكة العربية السعودية على صناعة البتروكيماويات الخليجية، فيشكل إنتاجها 76٪ من إجمالي إنتاج الدول الأعضاء، تليها دولة قطر بنسبة 11٪.[5]

وتعد الصناعات الاستخراجية والصناعات التحويلية وصناعات البتروكيماويات وصناعات الزجاج والحديد والأسمنت والألمنيوم أعلى الصناعات

استهلاكاً للطاقة وفقاً للإحصاءات العالمية. وإذا نظرنا إلى تركيبة وهيكل الصناعات السائدة في دول مجلس التعاون فسنجد أن أكثر من 90٪ منها يندرج ضمن المجموعة المشار إليها، ومن ثم فإن الصناعات السائدة في دول المجلس هي صناعات كثيفة الاستخدام والاستهلاك للطاقة.[6]

كما أن لدى دول المجلس استراتيجية موحدة للصناعة،[7] سيترتب عليها مضاعفة القدرات الإنتاجية خلال العقود القادمة، مع دخول مئات المصانع الجديدة مرحلة التشغيل، وهذا سيؤدي إلى تزايد الطلب على الطاقة الكهربائية للأغراض الصناعية في المستقبل.[8] إلا أن هذا التوسع يتطلب أيضاً مضاعفة مصادر توليد الطاقة لتلبية الطلب الإضافي من الطاقة الكهربائية.

إن الطاقة المستخدمة في الصناعة خليجياً تستحوذ على نسبة كبيرة من إجمالي التكلفة في العديد من الصناعات، ومنها صناعة التكرير، وصناعة الأسمنت وصناعة الألمنيوم والصناعات البتروكيماوية.[9] ففي صناعة الأسمنت على سبيل المثال، تمثل تكلفة الطاقة حوالي 60٪ من إجمالي التكلفة في هذه الصناعة، ومن ثم فإن توفير مصدر رخيص للطاقة (كالمصدر النووي) في هذه الصناعة وغيرها من الصناعات المشابهة، يمكن أن ينعكس في النهاية على عنصر التكلفة بالانخفاض ثم دعم الميزات النسبية للصناعات الخليجية محلياً ودولياً.[10]

3. الانعكاسات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية لقيام مشروع خليجي للطاقة النووية

ربما يتساءل البعض عن جدوى دخول دول المجلس في عالم صناعة الطاقة النووية، وهي أكبر منتج ومصدر للنفط والغاز في العالم، ولديها احتياطات من النفط

والغاز تكفيها لعقود قادمة، فلم الدخول في صناعة ليس لها فيها أي ميزة أو خبرات سابقة؟ وللإجابة نعرض أدناه بعض المبررات التي تستدعي شروع دول مجلس التعاون في الإعداد من الآن للدخول في مشروع للطاقة النووية السلمية:

أ. إن التخطيط الاستراتيجي البعيد المدى يحتم الأخذ بكل الخيارات المتاحة، ومنها الخيار النووي، شأننا في ذلك شأن باقي الأمم. فالتقنية النووية كأي تقنية لها ما لها وعليها ما عليها، ولكنها تبقى خياراً جديراً بالاهتمام بدليل تنامي الاهتمام العالمي بها، وبخاصة في الدول النامية.

ب. إن التنمية المستدامة لدول مجلس التعاون تحتم استعداد دول المجلس من الآن لمواجهة تحديات المستقبل، وتنعم دول مجلس التعاون حالياً بالوفرة والرفاهية، ولكن التنمية المستدامة تعني أن تنعم الأجيال المستقبلية أيضاً بمستويات اقتصادية واجتماعية وبيئية لا تقل عن تلك التي تنعم بها الأجيال الحالية، وخاصة أنه من المؤكد أن النفط الذي يشكل ركيزة التنمية والرفاهية في دول المجلس لابد أن ينضب يوماً ما. ولهذا فإن استدامة عملية التنمية تقتضي الاستعداد من الآن لمواجهة تحديات عصر ما بعد النفط. وباستدامة الطاقة يمكن ضمان استدامة عملية التنمية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

جـ. إن دول مجلس التعاون تستهلك في محطات توليد الكهرباء، ومحطات تحلية المياه مئات الملايين من براميل النفط والغاز سنوياً، وإذا استمر الوضع على ما هو عليه لعقود قادمة، فسيتضاعف استهلاك دول المجلس من ذلك المصدر الناضب، وفي ذلك إهدار لمورد اقتصادي نادر، فهو ليس باستثمار أمثل من المنظور الاقتصادي البحت. والأفضل تعظيم القيمة المضافة من النفط والغاز

باستخدامها في المزيد من عمليات التصنيع، من خلال صناعات البتروكيماويات وغيرها، مع تصدير تلك المواد المصنعة، وهو ما يضمن أيضاً إطالة عمر هذا المصدر في دول الخليج، ثم إطالة عمر صناعة البتروكيماويات، وفي الوقت نفسه تعظيم المردود الاقتصادي من المصدر الأحفوري.

د. تتمتع صناعة الطاقة النووية بربحية عالية، ويمكن لدول المجلس تحقيق استثمار أفضل لرؤوس الأموال (العامة والخاصة) بالاستثمار في المحطات النووية وتصدير الفائض الكهربي، سواء إلى دول الجوار العربية، أو إلى دول آسيا وأفريقيا، وبخاصة في ضوء التطور التقني وشبكات الربط الكهربي التي ستيسر بلوغ هذا الهدف.

هـ. تصنف دول مجلس التعاون –بحسب مؤشرات التغيرات المناخية لعام 2009– ضمن أعلى الدول تلويثاً للبيئة عالمياً، نتيجة لحرق ملايين البراميل (حوالي 4 ملايين برميل يومياً) من النفط والغاز لتشغيل محطات التكرير ومحطات توليد الكهرباء ومحطات تحلية المياه.[11] وبالتالي سيضمن إنتاج واستهلاك دول مجلس التعاون للطاقة النووية انخفاض الانبعاثات الملوثة، وضمان حماية البيئة والمواطن الخليجي من الأمراض، حيث يترتب على الاعتماد بشكل ما على الطاقة المولدة من مصادر نووية تجنب ملايين الأطنان من تلك الانبعاثات، وبالتالي يضمن لدول مجلس التعاون استدامة عملية التنمية من المنظورين البيئي والاجتماعي.

ز. تنويع مجالات استثمار الفوائض النفطية، وتجنب مخاطر تركز تلك الاستثمارات في الغرب. ولهذا فإن الفرصة مهيأة الآن لدول المجلس لاستثمار جانب من تلك الفوائض في إنشاء البنية الأساسية لمشروع خليجي للطاقة النووية.

حـ. إن عدم استخدام دول المجلس لهـذه التقنيـة سـيجعلها تتخلـف عـن العـالم، وبخاصة في ظل زيادة معدلات التيقن مـن مـستقبل صـناعة الطاقـة النوويـة، باعتبارها المعين الذي لا يمكن أن ينضب (ربما على المديين القـصير والمتوسـط) مقارنة بالنفط.

ط. إن استخدام وتطوير دول مجلس التعاون لهذه التقنية المتقدمـة سـيخلق أجيـالاً جديدة من العلماء والخبراء المتميزين في هذه الصناعة، وسينعكس في النهاية على عملية التنمية في دول المجلس، وتحديداً التنمية الاجتماعية، وبخاصـة في ضـوء توسـع تطبيقـات الطاقـة النوويـة لأغـراض أخـرى غـير إنتـاج الكهربـاء، كاسـتخدامها في الطـب والزراعـة، وحفـظ الأغذيـة والـصناعة وتحليـة الميـاه والسفن والفضاء...الخ، وإلا ستبقى دول المجلس حبيسة وضـعها التقليـدي؛ أي دول مستوردة لكافة التقنيات بما فيهـا تطبيقـات التقنيـات النوويـة. وبهـذه الطريقة تضمن هذه الصناعة تكامـل حلقـات التنميـة المـستدامة (الاقتـصادية والاجتماعية والبيئية) في دول مجلس التعاون.

ثانياً: واقع قطاع الطاقة في دول مجلس التعاون وفرص تطوره

نتناول فيما يأتي إنتاج دول المجلس من الطاقة الكهربائية، وفـرص توسـع هـذا الإنتاج لإنجاز أهداف التنمية المستدامة، ثـم نـستعرض مخـاطر الاسـتمرار في نمـط التوليد القائم، اقتصادياً وبيئياً.

1. إنتاج واستهلاك دول مجلس التعاون من الطاقة الكهربائية[12]

أ. إنتاج دول مجلس التعاون من الطاقة الكهربائية

اعتمدت دول مجلس التعاون في إنتاج الطاقة الكهربائية على مصادر أحفورية، وتحديداً النفط والغاز. وكان هذا خياراً منطقياً طوال العقود الماضية، لكونها أكبر منتج للنفط عالمياً. ويشكل كل من النفط والغاز الطبيعي 98.1٪ من مصادر الطاقة المنتجة للكهرباء، بينما لا تتجاوز نسبة مساهمة المصادر المائية حوالي 1.9٪، في حين لا تشكل مساهمة مصادر الطاقة المتجددة والمصادر الأخرى نسبة تذكر في الوقت الراهن.[13]

الجدول (4-2)

الكهرباء المولدة في دول مجلس التعاون (2002–2005) (جيجاواط ساعي)

	2002	2003	2004	2005
السعودية	141,736	153,000	159,875	176,124
الإمارات	45,628	50,277	53,728	60,698
الكويت	36,014	39,802	41,256	43,734
قطر	10,461	10,811	12,993	13,232
البحرين	7,344	7,768	8,448	8,698
عُمان	10,331	10,714	11,499	11,485
مجموع دول المجلس	251,514	272,372	287,799	313,935
دول الإسكوا	417,188	445,849	472,279	509,499

المصدر: اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، مجموعة الإحصاءات البيئية في منطقة اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا 2007 (نيويورك: الأمم المتحدة، 2007).

وبالنظر إلى حجم الطاقة الكهربائية المولدة والاستهلاك، فإن دول مجلس التعاون شهدت نمواً كبيراً في استهلاك الطاقة الكهربائية في السنوات الأخيرة؛ فقد زاد مقدار الطاقة الكهربائية المولدة في هذه الدول مجتمعة من حوالي 198.6 تيراواط ساعي عام 1998 إلى حوالي 262.5 تيراواط ساعي عام 2003، أي بمعدل زيادة قدره 5.7٪ سنوياً. وتمتلك المملكة العربية السعودية الحصة الكبرى التي بلغت حوالي 150 تيراواط ساعي عام 2003، لتمثل 49٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية المولدة في الدول

الست، بينما تأتي دولة الإمارات العربية المتحدة في المرتبة الثانية، حيث تمتلك حوالي 21٪ من مجموع الطاقة الكهربائية في هذه الدول.[14] ويوضح الجدول (4-2) حجم الكهرباء المولدة في دول مجلس التعاون خلال الفترة 2002-2005.

ب. استهلاك دول مجلس التعاون من النفط والغاز

بلغ الاستهلاك السنوي لدول مجلس التعاون من النفط والغاز حوالي 983.6 مليون برميل وفقاً لمعدلات عام 2005 (الجدول 4-3).[15] وبحساب سعر الـ 100 دولار كسعر متوسط للبرميل، فإن دول المجلس تستهلك سنوياً مشتقات نفطية بقيمة 98.4 مليار دولار. وفي ظل افتراض أن أقصى تكلفة لإنشاء وتشغيل المحطة النووية الواحدة حوالي 3 مليارات دولار، فإن قيمة ما يستهلك سنوياً في دول المجلس كافية لإنشاء 33 محطة نووية قادرة على العمل لمدة لا تقل عن 60 عاماً. وفي ظل افتراض أن المحطة النووية الواحدة قادرة على توليد كهرباء بسعة 1 جيجاواط، فإن تلك المحطات الـ 33 ستكون قادرة على توفير 33 جيجاواط من الكهرباء المولدة نووياً. لقد وضعنا تلك التقديرات المتواضعة اعتماداً على معدل الاستهلاك عام 2005، من دون أن ندخل معدل نمو الاستهلاك أو مستوى الاستهلاك عام 2010 أو عام 2020، فالمؤكد أن معدل الاستهلاك سيتضاعف وتتضاعف معه تكلفة توليد الكهرباء.

فالمملكة العربية السعودية، على سبيل المثال، تستهلك وحدها حوالي 2.1 مليون برميل يومياً، أي أنها تستهلك سنوياً حوالي 756 مليون برميل من النفط والغاز، ويتجه أغلب ذلك الاستهلاك نحو أنشطة وصناعات توليد الطاقة، وبخاصة الطاقة الكهربائية، وفي محطات تحلية المياه المنفصلة، وفي مصافي التكرير. المهم في الأمر أن

الاستهلاك المحلي من النفط في دول مجلس التعاون يشهد نمواً سنوياً مرتفعاً كما ذكرنا، فقد بلغ نمو الاستهلاك في المملكة العربية السعودية 11٪ بنهاية عام 2005، ودولة الإمارات العربية المتحدة 10٪، ودولة الكويت 7٪، وهذا يعني أن دول الخليج تتسارع في استهلاك ما تنتجه من نفط أو غاز. إلا أن القاسم المشترك بين دول المجلس هو أن صناعة البتروكيماويات تستهلك حوالي 11.5٪ من إجمالي إنتاج دول المجلس من النفط، كما أن قطاع توليد الطاقة يستحوذ على حوالي 40٪ من استهلاك دول المجلس من الوقود المستهلك محلياً.[16] وقد بلغ نصيب الفرد من استهلاك الطاقة في دول مجلس التعاون ما يعادل 9.6 أطنان نفط، أي أكثر بـ 5.6 مرات من المعدل العالمي المقدر بحوالي 1.7 طن للفرد عام 2002.[17]

الجدول (4-3)

استهلاك المشتقات النفطية في دول مجلس التعاون (ألف برميل يومياً)

	2002	2003	2004	2005
السعودية	1,053	1,140	1,187	1,891
الإمارات	237	259	265	376
الكويت	146	203	230	280
قطر	55	54	84	98
البحرين	24	26	29	33
عُمان	44	46	48	–
دول مجلس التعاون مجتمعة	1,559	1,728	1,843	2,695
منطقة الإسكوا	3,194	3,326	3,507	4,248

المصدر: اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، مجموعة الإحصاءات البيئية في منطقة اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا **2007** (نيويورك: الأمم المتحدة، 2007)، ص111.

وإذا ما استمرت تلك المعدلات من النمو فسوف تتفاقم مشكلات دول المجلس (الاقتصادية والاجتماعية والبيئية)، ولهذا فإن التوجه نحو تنويع مصادر استهلاك الطاقة يبدو خياراً استراتيجياً ومنطقياً، بحيث يكون هناك مكان للخيار النووي في منظومة توليد الطاقة الكهربائية خليجياً.

جـ- التوزيع القطاعي لاستهلاك الكهرباء في دول المجلس

يتوزع استهلاك الطاقة الكهربائية في دول مجلس التعاون بين ثلاثة قطاعات رئيسية، وهي على: القطاع السكني، فالصناعي، فالقطاع التجاري، على التوالي (الجدول 4-4). يستحوذ القطاع السكني على 50٪ في المتوسط من إجمالي استهلاك الكهرباء في دول مجلس التعاون. وتفسر تلك المعدلات بالطبيعة الجغرافية والمناخية لدول مجلس التعاون، حيث شدة الحرارة صيفاً وشدة البرودة شتاءً، وهو ما يتطلب الاعتماد بشكل مكثف على الطاقة الكهربائية، وبخاصة تشغيل المكيفات المنزلية.

الجدول (4-4)

توزيع استهلاك الطاقة الكهربائية في دول المجلس بحسب القطاعات عام 2005 (٪)

	الصناعي	السكني	التجاري	أخرى
السعودية	22	51	10	17
الإمارات	12	35	36	17
قطر	2	43	32	24
الكويت	12	48	7	33
البحرين	1	55	27	11
عُمان	6	58	16	21
دول الإسكوا	22	46	13	19

المصدر: اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، مجموعة الإحصاءات البيئية في منطقة اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا 2007 (نيويورك: الأمم المتحدة، 2007)، ص107.

وتتوزع الـ 50٪ الأخرى بين قطاع الصناعة والخدمات والقطاعات الهامشية الأخرى. فالقطاع الصناعي يحل في المرتبة الثانية بعد القطاع السكني، بحصة بلغت 22٪ في المملكة العربية السعودية، و12٪ في كل من دولتي الكويت والإمارات. أما القطاع التجاري الذي يحتل المرتبة الثالثة بعد كل من السكن والصناعة فيحظى بأهمية أكبر في كل من دولة الإمارات ودولة الكويت ومملكة البحرين على التوالي، بينما تنخفض حصته في كل من المملكة العربية السعودية ودولة الكويت.

إذاً، كما هو ملاحظ، يستحوذ قطاعا السكن والصناعة على حوالي 75٪ من إجمالي استهلاك دول مجلس التعاون من الكهرباء، وهما القطاعان المرشحان لأن يشهدا معدلات نمو عالية خلال العقود القادمة، كما أوضحنا مسبقاً. إلا أن نمو هذين القطاعين يستدعي نمواً بنفس النسبة (على الأقل) في إنتاج الطاقة الكهربائية لتلبية معدلات الطلب. وبحسب تقدير البعض، فإن دول المجلس بحاجة إلى بناء محطات توليد كهرباء جديدة بسعة 100 جيجاواط قبل عام 2020 بتكلفة تصل إلى 150 مليار دولار لتلبية الطلب المتنامي والمتسارع على الكهرباء. فقد نما الطلب بمعدلات فاقت التوقعات، وبثلاثة أضعاف معدلات النمو العالمية.[18]

وقد كشف تقرير حديث أن الطلب على الطاقة الكهربائية في المملكة العربية السعودية مثلاً، سيسجل نمواً سنوياً كبيراً تصل نسبته إلى 7٪ خلال الأعوام الخمسة المقبلة، وهو ما سيضاعف الحمل الأقصى للطاقة الكهربائية من 33 جيجاواط عام 2006 إلى 53 جيجاواط عام 2015، وهي مؤشرات تتطلب استثمارات رأسمالية ضخمة تقدر بحوالي 50.6 مليار دولار في المملكة العربية السعودية وحدها.[19] وفي ضوء تلك الأرقام الكبيرة لتكلفة توليد الطاقة في دول المجلس، سواء في الوقت

الراهن أو في المستقبل، يكون من الضروري إدخال الخيار النووي بين بدائل التوليد، وبخاصة أن الفرصة متاحة الآن لإنجاز ذلك.

2. فرص توسع قطاع الكهرباء في دول مجلس التعاون لتلبية طفرة الطلب

يتوقع أن تكون دول المجلس بحاجة إلى طاقة إضافية عام 2010 تقدر بأكثر من 17 جيجاواط، مقارنة بالطاقة الحالية البالغة حوالي 61 جيجاواط (الجدول 4-5). ويتوقع أن تصل تكلفة تلك الطاقة الإضافية حتى عام 2010 فقط إلى حوالي 16 مليار دولار، ويتوقع أن يكون الطلب الأكبر في كل من دولة الإمارات العربية المتحدة والمملكة العربية السعودية ودولة الكويت، على التوالي.

الجدول (4-5)

إنتاج واحتياجات الطاقة الكهربائية في دول مجلس التعاون حتى عام 2010

الدولة	الطاقة الحالية (2005) (ميجاواط)	الطاقة الإضافية عام 2010 (ميجاواط)	نمو الطلب (٪)	التكاليف المتوقعة حتى عام 2010 (مليون دولار)
السعودية	28,659	3,000	5	5,000
الإمارات	6,689	8,150	9.3	5,400
الكويت	9,300	3,500	8	2,800
قطر	2,900	1,100	7	1,000
البحرين	1,800	1,000	6	900
عُمان	2,900	1,100	4.5	900
الإجمالي	**61,150**	**17,850**	**٪6.5**	**16,000**

المصدر: المؤسسة العربية لضمان الاستثمار، تقرير مناخ الاستثمار في الدول العربية (الكويت: المؤسسة العربية لضمان الاستثمار، كانون الثاني/ يناير 2006)، ص 349.

ويقدر البعض الآخر[20] حجم الاستثمار المتوقع في قطاع توليد الكهرباء في دول مجلس التعاون بنحو 50.46 مليار دولار حتى عام 2010، بحيث تستحوذ دولة الإمارات العربية المتحدة والمملكة العربية السعودية على معظم هذه المشاريع. فيتوقع أن يصل إجمالي الاستثمار في المملكة العربية السعودية إلى 30 مليار دولار لتمويل مشاريع لتوسعة الطاقة الإنتاجية للمحطات القائمة، وإقامة مشاريع كهرباء جديدة. وفي دولة الإمارات العربية المتحدة يتوقع أن يتم استثمار ما يقارب 8 مليارات دولار لرفع طاقة الإنتاج بحوالي 7 جيجاواط، في حين يتم استثمار نحو 6.3 مليارات دولار في دولة الكويت لإضافة ما يقارب 5 جيجاواط للطاقة الإنتاجية، كما سيتم إنفاق 3 مليارات دولار في دولة قطر لزيادة طاقة الإنتاج بنحو 2.5 جيجاواط، في حين تقدر الاستثمارات بحوالي مليار دولار في مملكة البحرين و800 مليون دولار في سلطنة عُمان.

وفي تقرير حديث لوزارة المياه والكهرباء السعودية[21] تبين أن حجم استثمارات الشركة السعودية للكهرباء في المشاريع الرأسمالية قارب الـ 6 مليارات ريال نهاية عام 2006 بزيادة قدرها 17٪ مقارنة باستثماراتها عام 2005، وبالتالي نما إجمالي القدرة المتاحة عام 2006 إلى 34.823 جيجاواط مقارنة بـ 32.301 جيجاواط عام 2005. وفي دولة الكويت من المتوقع تضاعف القدرة المركبة لمحطات الكهرباء من 10.189 جيجاواط عام 2005 إلى 16.175 جيجاواط بنهاية عام 2010،[22] أي أن دول المجلس مطالبة بمضاعفة الإنتاج والاستثمارات في قطاع الطاقة خلال فترة وجيزة، حتى تمكن تلبية الطلب المتنامي، سواء من القطاع السكني أو القطاع الصناعي.[23]

كما قدرت شركة بنويل العالمية للطاقة أن تصل الاستثمارات الخليجية في قطاع توليد الطاقة الكهربائية وتحلية المياه إلى 61.2 مليار دولار خلال الفترة 2007-

2011، وذلك لتلبية الطلب المتنامي على الطاقة الكهربائية في القطاعات السكنية والصناعية والزراعية. وهذا يعني أن هناك حاجة إلى استثمارات ضخمة، سواء كانت استثمارات حكومية أو خاصة.[24]

وتواجه بعض دول المجلس مشكلة أخرى وهي أن قدرات توليد الكهرباء تشهد نمواً متراجعاً. على سبيل المثال، في المملكة العربية السعودية، تشير البيانات إلى أنه خلال الفترة 1970–1974 زادت قدرة التوليد بمعدل 28.8٪ سنوياً في المتوسط، ثم نمت بمعدل 36.7٪ خلال الفترة 1974–1979، ثم بمعدل 21.6٪ خلال الفترة 1979–1984. ولكن الملاحظ أن السنوات التالية لهذه الفترة شهدت زيادة في قدرات التوليد، ولكن بمعدلات منخفضة جداً مقارنة بالفترات المشار إليها، وبخاصة خلال الفترة 1989–1994، التي شهدت معدل نمو في قدرات التوليد لم يتجاوز 1.7٪. وبالتدقيق في هذه المعدلات يلاحظ أن النمو في قدرات توليد الطاقة الكهربائية تأثر بالطفرة النفطية، وهو أمر طبيعي. ثم عاودت معدلات النمو في قدرات التوليد الارتفاع خلال الفترة 1999–2004، وكذلك خلال عام 2005، ولكن بنسب محدودة، حيث نمت قدرات التوليد خلال الفترتين المشار إليهما بمعدل 4.9٪ و5٪ على الترتيب، وهو ما يعني أن التوسع في قدرات التوليد للطاقة الكهربائية لم يواكب توقعات النمو والانتعاش الاقتصادي خلال السنوات الأخيرة، برغم التوسع في هذه القدرات، ولكن ليس بالمعدلات نفسها التي حدثت في أثناء الطفرة النفطية في السبعينيات.[25]

وبناءً عليه، وفي ضوء تلك المؤشرات، تواجه دول مجلس التعاون مشكلة ارتفاع الأحمال الكهربائية مقارنة بباقي مناطق العالم. فوفقاً لوزارة المياه والكهرباء الكويتية يراوح ارتفاع الأحمال الكهربائية ما بين 6 و8٪ سنوياً، مقارنة بارتفاع يراوح ما بين 2

و3٪ سنوياً في الدول الصناعية.[26] وفي ظل استمرار تلك المؤشرات، وفي ضوء التوقعات بتضاعف أعداد السكان والتوسع الصناعي، فإن المحطات القائمة ستعجز عن تلبية طفرة تضاعف الطلب، أو أنها ستضطر إلى مضاعفة طاقتها الإنتاجية من الكهرباء، ومن ثم ستضاعف من استهلاكها للوقود الأحفوري.

3. مخاطر الاستمرار في نمط التوليد القائم اقتصادياً وبيئياً

أ. المخاطر الاقتصادية

تتوقع الدراسات الاستراتيجية أن تستهلك المملكة العربية السعودية سنوياً – مثالاً لباقي دول مجلس التعاون– عام 2010 ما يقارب 175 مليون برميل نفط و77 مليون برميل ديزل و96 مليون برميل من زيت الوقود، لتغذية محطات الكهرباء ومحطات التحلية، وإذا افترضنا أن سعر برميل النفط في تلك الفترة سيبلغ 70 دولاراً والديزل 130 دولاراً وزيت الوقود 50 دولاراً، فسيصبح قيمة ما ستنفقه المملكة لتغذية محطات الطاقة نحو 27 مليار دولار في سنة واحدة، هذا غير الغاز الطبيعي الذي يستخدم أيضاً لتوليد الطاقة، والذي من المتوقع أن يحرق منه ما تقدر قيمته بثلاثة إلى خمسة مليارات دولار عام 2010. وبناءً عليه، فإن قيمة ما سيحرق من المواد الأحفورية لتوليد الطاقة في المملكة العربية السعودية وحدها سوف تصل على أقل تقدير إلى 30 مليار دولار لعام 2010 فقط كوقود.[27]

ومن وجهة النظر الاقتصادية البحتة، ووفقاً لنظرية تكلفة الفرصة البديلة، فمن الأجدى بالنسبة لدول المجلس توفير ملايين براميل النفط والغاز التي تحرق في محطات توليد الكهرباء وتوجيهها نحو استخدامات اقتصادية أكثر كفاءة (كوقود

السيارات أو صناعات البتروكيماويات)، أو للتصدير أو التصنيع، بما يعظم القيمة المضافة من هذه المصادر النادرة.

ومن منظور الكفاءة الاقتصادية، نجد أن قطاع توليد الكهرباء الحالي يعاني مشكلات هيكلية كبيرة، وربما يترتب على دخول التقنيات النووية الارتقاء بكفاءة الإنتاج والتوزيع وعلاج مشكلات الأحمال التي تؤدي إلى الانقطاع المتكرر للكهرباء، وتكبيد المصانع والشركات خسائر فادحة.

ب. المخاطر البيئية والصحية

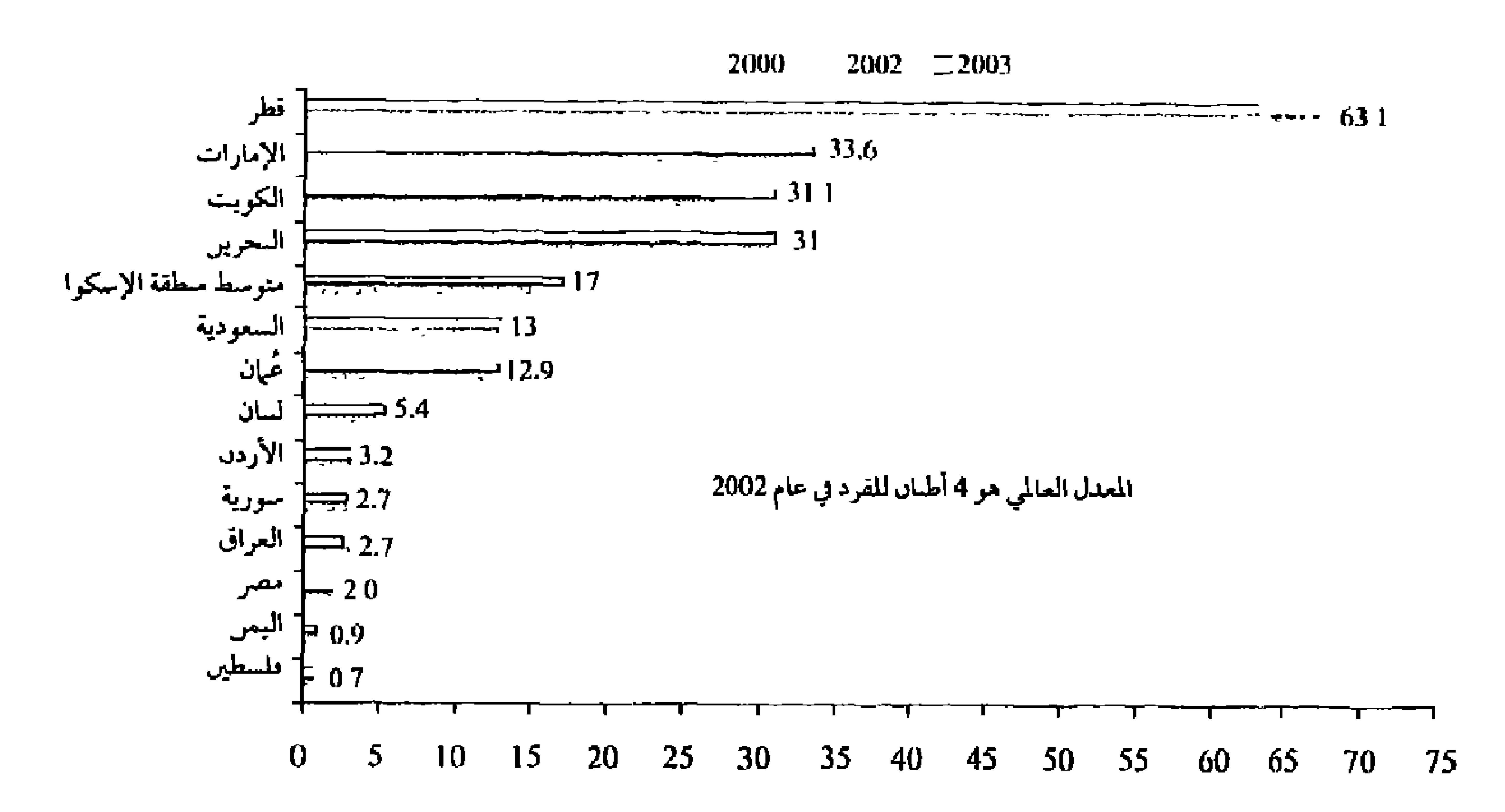
إذا أدخلنا التكلفة الخارجية الناتجة عن التوسع في استهلاك الوقود الأحفوري لتغذية محطات توليد الكهرباء أو تحلية المياه المزمع إنشاؤها، فإن طموحات دول المجلس في تحقيق التنمية المستدامة ستكون موضع شك كبير، نظراً لأن تضاعف الاستهلاك من النفط والغاز الذي يحرق سنوياً في محطات الكهرباء والمياه سيخلف آثاراً بيئية خطيرة، وهو ما سيضر بالصحة البشرية والنباتية والحيوانية، وبالتالي يجعل أهداف التنمية المستدامة (الاقتصادية والاجتماعية والبيئية) بعيدة المنال.

كما تكفينا الإشارة إلى أن نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في دول مجلس التعاون يعتبر الأعلى عالمياً. فكما هو موضح بالشكل (4-1) نجد أن المتوسط العالمي هو 4 أطنان للفرد، وفي المقابل نجد أن متوسط نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عام 2002 في دولة قطر 63.1 طناً، وفي دولة الإمارات العربية المتحدة 33.6 طناً، ودولة الكويت 31.1 طناً، ومملكة البحرين 31 طناً. وبناءً عليه فقد وردت كل من الإمارات والبحرين وقطر والكويت بين

البلدان العشرة التي تتصدر قائمة بلدان العالم التي تفوق فيها انبعاثات ثاني أكسيد الكربون 20 طناً للفرد الواحد.[28]

الشكل (4-1)

نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في دول مجلس التعاون (طن للفرد)



المصدر: اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، مجموعة الإحصاءات البيئية في منطقة اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا 2007 (نيويورك: الأمم المتحدة، 2007)، ص115.

ولاشك في أن الوضع الحالي لا يبشر بمستقبل جيد للوضع البيئي في دول مجلس التعاون، فمستويات التلوث ليست عالية فقط، وإنما تزداد بشكل مطرد. ويتوقع الخبراء زيادة انتشار الصناعة الكثيفة الاستخدام للطاقة، وبخاصة بعد إعلان بعض دول مجلس التعاون مؤخراً عن رغبتها في توسيع الطاقة الاستيعابية لإنتاج النفط وتكريره، وبناء المزيد من مصانع البتروكيماويات والألمنيوم والأسمنت ومعامل تحلية المياه...الخ.

ويكفي هذا العامل في حد ذاته لتغير دول المجلس في استراتيجيتها الخاصة بإنتاج واستهلاك الطاقة، وتطبيق التقنية النووية في إنتاج الكهرباء، بما يضمن خفض الانبعاثات الكربونية الضارة، وبالتالي ضمان تحقيق التنمية المستدامة.

ثالثاً: تحديات ومحددات وإمكانات قيام مشروع خليجي للطاقة النووية

يتطلب الدخول في عالم صناعة الطاقة النووية استعدادات خاصة؛ مادية، وبشرية، ومؤسسية. وبتطبيق الاشتراطات التي عرضنا لها في الفصل الثالث على دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، نجد أنها مهيأة في جوانب، وغير مهيأة في جوانب أخرى.

1. الإمكانات المادية

ترتب على إنتاج وتصدير النفط والغاز على مدى نصف القرن المنقضي، تحقيق دول المجلس لعوائد مالية ضخمة؛ تم استثمار الجانب الأكبر منها داخل دول المجلس؛ حيث نجحت هذه الدول خلال نصف القرن الماضي في التحول من مجتمعات بدوية متنقلة إلى مجتمعات حضرية تأخذ بأسباب التنمية والتقدم، وبخاصة من حيث إنشاء وتطوير بنية أساسية تعد من أفضل البنى الأساسية عالمياً. إلا أن أغلب الفوائض النفطية الخليجية مستثمر حالياً في الدول الغربية.

وبحسب تقرير **مناخ الاستثمار في الدول العربية 2007** الصادر عن المؤسسة العربية لضمان الاستثمار، وبالتركيز على الاستثمار الأجنبي المباشر تحديداً، بلغ إجمالي ذلك النوع من الاستثمار حوالي 41.8 مليار دولار خلال 1997 وحتى نهاية 2006 (الجدول 4-6). فكما هو موضح بالجدول، كانت الاستثمارات العربية المباشرة في

الخارج أقل من 280 مليون دولار عام 1997، وظلت في مرحلة تردد خلال عام 1998 وحتى نهاية عام 2001، ولكنها بدأت تأخذ توجهاً صاعداً منذ عام 2002 حيث بلغت حوالي 1.3 مليار دولار، ثم بلغت حوالي 13.6 مليار دولار بنهاية عام 2006. وقد استحوذت دولة الكويت وحدها على أكثر من ثلث الاستثمارات العربية المباشرة في الخارج، تلتها دولة الإمارات العربية المتحدة، حيث بلغت حصتها من إجمالي الاستثمار العربي المباشر حوالي الربع، ثم حلت مملكة البحرين في المرتبة الثالثة والمملكة العربية السعودية في المرتبة الرابعة باستثمارات مباشرة بلغت 753 مليون دولار عام 2006.

وفي ضوء هذه المؤشرات نتصور أن دول مجلس التعاون مهيأة من الآن للدخول مباشرة في عالم تقنية الطاقة النووية، حيث وفرة رؤوس الأموال التي تمكنها من بناء عشرات المحطات؛ فالدولة متكفلة على الأقل في الوقت الراهن بتمويل قيام إنشاء المحطات النووية، ولديها فوائض ضخمة تمكن من تخطي عقبة التمويل. وستعتبر مشروعات الطاقة النووية الخليجية في وضع تنافسي كبير يميزها عن مشروعات الطاقة النووية المنتشرة عالمياً، حيث لن تكون عرضة للخضوع لسعر خصم أو أسعار فائدة مرتفعة.

ومن منظور البنية الأساسية، وبخاصة البنية الأساسية لصناعة الكهرباء، تمكنت دول المجلس من مدّ خطوط وشبكات الكهرباء بمئات الآلاف من الكيلومترات، وبأعلى التقنيات. وفي ظل مشروع الربط الكهربي الخليجي الجاري تنفيذه بين دول المجلس، تبدو دول المجلس مؤهلة للإسراع بالدخول في عالم هذه الصناعة، حيث إن محطات التوليد النووية يمكنها استخدام نفس الشبكات المستخدمة في محطات التوليد التقليدية. فمحطة نووية كبرى على الخليج العربي، ستكون مناسبة لتغذية دول المجلس الست.

2. الإمكانات البشرية

كانت التنمية البشرية في مقدمة اهتمامات استراتيجيات التنمية في دول المجلس منذ خمسينيات القرن العشرين. وترتب على الاستثمار المكثف في التنمية البشرية والتعليم أن انخفضت معدلات الأمية إلى أدنى مستوياتها. فدول المجلس تتصدر الدول العربية من حيث معدلات التعليم، وأحجام الإنفاق عليه. ولهذا، كمثال، وكما هو موضح في الجدول (4-6)، تضاعفت أعداد الجامعات والمعاهد التعليمية العليا في دول المجلس خلال أقل من 10 سنوات. وبعد أن كان عدد الجامعات في دول مجلس التعاون عام 1996 لا يتعدى 18 جامعة، قفز هذا العدد إلى 44 جامعة في نهاية عام 2003، وهو ما يعكس اهتمام دول المجلس بالتعليم والبحث العلمي.

الجدول (4-6)

تطور أعداد الجامعات (العامة والأهلية) في دول مجلس التعاون (1996-2003)

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
الإمارات	6	6	6	6	8	8	8	8
البحرين	2	2	2	2	2	8	9	10
السعودية	7	7	7	8	8	8	8	11
عُمان	1	1	1	1	1	4	4	4
قطر	1	1	1	1	1	3	4	5
الكويت	1	1	1	1	1	6	6	6
المجموع	18	18	18	19	21	37	40	44

المصدر: الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية <http://library.gcc-sg.org/gccstat/educstat/ed33_1.htm>

إلا أن الملاحظة الأساسية هي أن أغلب الجامعات المنشأة حديثاً هي جامعات خاصة، تسعى في المقام الأول لتحقيق الربح، وتخصصات التقنية النووية هي تخصصات مكلفة. ولهذا، كما أفادتنا التجربة المقارنة، لا يمكن الاعتماد خلال المراحل الأولى على المعاهد العلمية الخاصة، فاليد الطولى ينبغي أن تكون للدولة وجامعاتها التي تكون لديها الإمكانات والأهداف الرامية إلى الإنفاق بسخاء على تخصصات التقنية النووية.

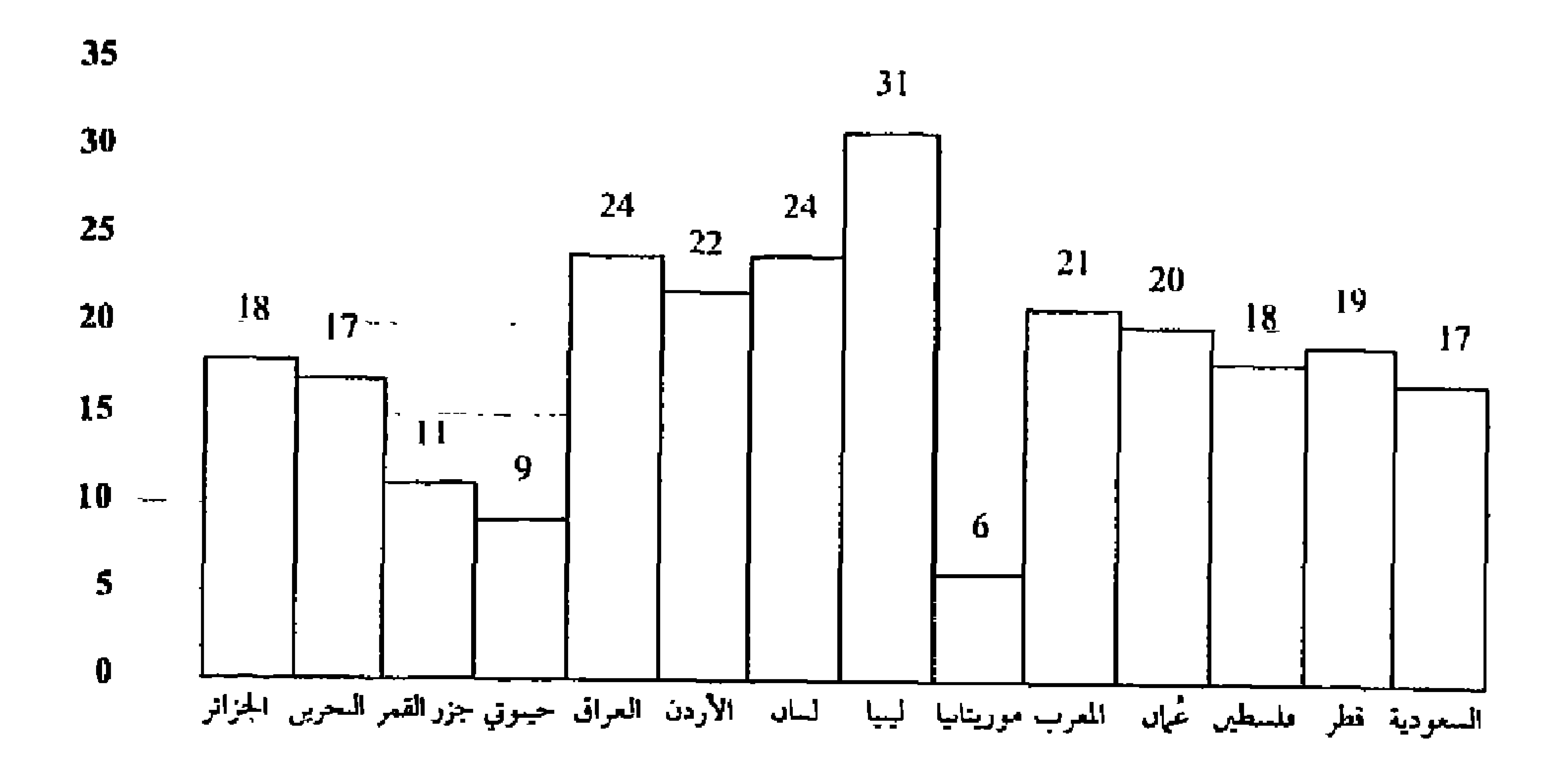
ورغم الإنفاق الخليجي المكثف على التعليم والتنمية البشرية، فإن التعليم في دول المجلس غير قادر على تلبية متطلبات سوق العمل والصناعة، فالتعليم في الجامعات الخليجية في الأغلب معني بالتخصصات الأدبية والنظرية، والنتيجة أن أغلب الخريجين الخليجيين (أكثر من 65٪) من خريجي التخصصات النظرية، كما هو موضح بالشكل (4-2). ففي المملكة العربية السعودية، على سبيل المثال، يدخل فقط 14.7٪ في دراسة التخصصات العملية، وتتوجه النسبة الباقية نحو التخصصات النظرية. كذلك الأمر في دولتي الإمارات العربية المتحدة وقطر ومملكة البحرين وسلطنة عُمان، أما دولة الكويت فتتميز نسبياً بارتفاع نسبة المسجلين من الجامعيين في التخصصات العملية إلى أكثر من 36٪.[29]

وفي ضوء تلك المؤشرات، فإن النتيجة هي انخفاض نسبة المتخصصين في المجالات العلمية والتقنية في دول المجلس. وعلى سبيل المثال، لا يتجاوز عدد العلميين والمهندسين السعوديين 37 لكل مئة ألف من السكان، وهو معدل منخفض جداً مقارنة بدول أخرى مثل كندا التي يصل فيها المعدل إلى 502 من العلميين والمهندسين لكل مئة ألف وفي اليابان 464 وفي كوريا الجنوبية 357.[30] وتخصص الهندسة النووية شبه معدوم في الجامعات الخليجية، ومن هنا فإن الجامعات الخليجية

بحاجة إلى التعرف على متطلبات وضع برامج دراسية، سواء في مرحلة البكالوريوس أو الماجستير والدكتوراه.

الشكل (4-2)

نسبة طلاب التعليم العالي في الرياضيات والعلوم والهندسة إلى إجمالي طلاب التعليم العالي في بعض الدول العربية عام 2005



المصدر:

Human Development Report 2006 <http://hdr.undp.org/en/media/HDR 2006 AR Complete.pdf>

ويشكل حجم الإنفاق على البحث والتطوير مؤشراً مهماً على مدى استعداد المؤسسات التعليمية والبحثية لتلبية متطلبات مختلف القطاعات الإنتاجية، ومن ثم يشكل الإنفاق على البحث والتطوير شرطاً مسبقاً ومهماً لتطوير أي تقنية ومنها تقنية الطاقة النووية. وتؤكد كافة المؤشرات محدودية الإنفاق العربي على البحث والتطوير، مع ملاحظة أن هناك تفاوتاً ملحوظاً بين الدول العربية في هذا الخصوص، حيث تعتبر دول مجلس التعاون بصفة عامة أفضل إنفاقاً على البحث والتطوير، ولكن لايزال هذا الإنفاق أدنى بكثير من معدلات الإنفاق العالمي.

ومما يميز التجربة العربية عامة والخليجية خاصة تركز الإنفاق على البحث والتطوير على عاتق الدولة (أكثر من 90٪ من إجمالي الإنفاق) بينما تختلف الصورة تماماً في الدول المتقدمة والحديثة التصنيع في آسيا، حيث تنحصر مسؤولية الدولة في توفير حوالي 30٪ فقط من تلك النفقات، أما النسبة الأخرى (70٪) فهذه مسؤولية الصناعة والمشروعات الخاصة التي تعتبر المستفيد الأول من مخرجات أنشطة البحث والتطوير. وبالنسبة إلى تمويل الشركات المنتجة وصناديق التمويل الخاص فإن أعلى نسبة هي في اليابان (81٪) تليها السويد (62.9٪) ثم سنغافورة (62.5٪) تليها الهند (16.4٪).[31]

إلا أن الواقع العربي الصعب لا يمكن أن يخفي عدداً من المبادرات الناجحة في الشراكة مع القطاع الخاص، إذ هناك أمثلة لشراكات علمية ناجحة على مستوى الخليج العربي بين الجامعات وقطاع الصناعة، منها الشراكة بين مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية وشركات الأدوية، والشراكة بين أرامكو والمؤسسات الأكاديمية والجامعات السعودية (120 مشروعاً عام 2002)، والتعاون بين جامعة السلطان قابوس وواحة مسقط للمعرفة، والتعاون بين معهد الكويت للأبحاث العلمية وشركة البترول الكويتية، والتعاون بين جامعة زايد وشركة IBM ومركز الإبداع الإلكتروني في مدينة دبي للإنترنت، وتعاون جامعة الإمارات وبعض شركات البترول ومصانع الألمنيوم. غير أن هذه الشركات ليست كافية كماً ونوعاً، وربما تعاد هذه الأبحاث بشكل أو بآخر في دولة عربية أخرى لسوء تداول المعلومات ونقص التكامل المعرفي بين الدول العربية.[32]

وفي ضوء المؤشرات الحالية، على دول الخليج أن تتعاون مع الدول التي سبقتها في مجال الطاقة النووية، وخاصة الدول الإسكندنافية مثل السويد وفنلندا التي تمتلك

تقنيات على أعلى المستويات، ولها سجل عريق في سلامة وصيانة مفاعلاتها النووية، وليس لها أي مطامع في المنطقة، لذلك فإنه من الحكمة بدء التواصل مع هذه الدول، وتحت إشراف ومراقبة الوكالة الدولية للطاقة الذرية.[33] وهناك أيضاً كثير من التجارب الناجحة والمتجددة، مثل فرنسا وكوريا الجنوبية. وبوسع دول مجلس التعاون الاستفادة من خبرات هذه الدول من خلال إيفاد البعثات، ودعوة الخبراء لصياغة برامج دراسية جادة تعكس متطلبات تلك المرحلة الجديدة.

3. البناء المؤسسي والتشريعي

يقصد بالبناء المؤسسي والتشريعي ضرورة توافر عنصرين أساسيين، وهما:

أ. صدور تشريع وطني أو خليجي ينظم الاستخدامات السلمية للطاقة النووية، ويحدد كافة الجوانب المتعلقة بالترخيص والاستخدام والتشغيل والملكية والتعامل مع المخلفات وحماية البيئة والمسؤولية عن الأضرار التي تصيب البشر أو الطبيعة نتيجة الإشعاعات...الخ.

ب. إنشاء هيئة أو وكالة تعنى بمشروعات وبرامج الطاقة النووية في دول المجلس، بحيث تكون هي الكيان القانوني المعبر عن هذه الصناعة والمعني بكل شؤونها، وقناة الاتصال مع الكيانات المماثلة عالمياً كالوكالة الدولية للطاقة الذرية والوكالات الإقليمية والحكومية في مختلف دول العالم، كما ستكون الرقيب الأول على أداء المحطات العاملة في دول المجلس، وتقدم كل الخبرات والإمكانات التي تضمن استخدام المحطات في الإطار المرسوم لها.

كما أن توافر الإطار المؤسسي يتطلب معرفة مدى تأهل المؤسسات الحكومية المختلفة للتعامل مع هذه النوعية من الصناعات، التي يعني الوقت كثيراً بالنسبة لها،

بحيث تكون تلك المؤسسات على مستوى عال من الكفاءة، وكذلك تأهل الموظفين الحكوميين علمياً وفنياً وتقنيـاً، لأنهـم لـن يـصدروا التراخـيص أو يمـددوها إلا إذا تيقنوا من أن المحطـة النوويـة مقدمـة الطلـب مـستوفية لكافـة الاشـتراطات الفنيـة والتقنية والبيئية...الخ، كما أنهم سيتولون متابعة أداء تلك المحطات.

كما يقصد بالبناء المؤسسي كفاءة المؤسسة التشريعية والتـشريعات التـي تـضمن قيام واستدامة صناعة الطاقة النووية الخليجية. فالتـشريعات في هـذا المجـال تحديـداً لابد من أن تكون على مستوى عال من الصرامة، وفي الوقت نفـسه تـنعم بالـشفافية حتى لا تعرقل قيام وتطور هذه الصناعة.

لقـد شـهدت دول مجلـس التعـاون تطـورات كبـيرة عـلى المـستوى المؤسـسي والتنظيمي والتشريعي، سواء على مـستوى كـل دولـة، أو عـلى مـستوى مؤسـسات وتشريعات ونظم مجلس التعاون التي تغطي مختلف مجالات التعاون. ولكـن بـالنظر إلى البناء المؤسسي والتشريعي في مجال الطاقة النووية، فـلا شـك في أن دول المجلـس ستبدأ من الصفر تقريباً، باستثناء ما هو قائم من نظم واتفاقات دولية وقعـت عليهـا دول المجلس في إطار الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومعاهدة منع الانتشار النووي.

خاتمة

أعرب قادة دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية عن رغبتهم في استضافة المصدر النووي لتوليد الطاقة الكهربائية، بل وقّعت كل من المملكة العربية السعودية ودولة الإمارات العربية المتحدة ومملكة البحرين على اتفاقات مع الولايات المتحدة الأمريكية وفرنسا وروسيا لدعم برامج ومشروعات الطاقة النووية، كما يعقد مجلس التعاون لقاءات تشاورية مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية بهذا الشأن. وفي ضوء هذا الاهتمام وذلك التوجه الرسمي، ولدت فكرة الدراسة بهدف محاولة استجلاء الحقيقة بشأن هذا المصدر وإمكانات استخدامه في دول المجلس، وليس بهدف فرض أو دعم توجه معين.

عادت صناعة الطاقة النووية من جديد لتحظى باهتمام كبير من قبل كافة المعنيين بالتنمية والبيئة عالمياً، على أثر بروز العديد من التحديات، وفي مقدمتها التحديات البيئية والمناخية المترتبة على الاستخدام الكثيف للطاقة الأحفورية، وكذلك الارتفاع المستمر في أسعار الوقود الأحفوري، في وقت لم تشهد فيه التكلفة في صناعة الطاقة النووية ارتفاعاً يذكر. وكما أوضحنا في هذه الدراسة، بدأت تكلفة الكهرباء المولدة نووياً في الانخفاض نتيجة تطور تقنيات إنشاء المفاعلات واستخدام اليورانيوم، وتقنيات الصيانة والتشغيل وتخزين المخلفات. كل تلك التطورات زادت من ثقة متخذي القرار في مختلف الدول بصناعة الطاقة النووية، وخاصة أنه مضى

حتى الآن أكثر من عشرين عاماً دون وقوع حوادث خطيرة على غرار حادثة تشيرنوبل.*

فصناعة الطاقة النووية -بحسب رأي أنصارها والمروجين لها- تقدم نفسها على أنها أفضل خيار لإنجاز أهداف التنمية المستدامة، نظراً لمراعاتها الاعتبارات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية، وخاصة أن المتاح من الوقود النووي (اليورانيوم المكتشف حتى الآن) كافٍ لتشغيل المفاعلات لحوالي 300 عام، كما أن هناك فرصاً لمضاعفة حجم الاحتياطات العالمية من اليورانيوم من مختلف المصادر. وفي المقابل يتوقع نضوب المصادر الأحفورية بنهاية القرن الجاري على أفضل تقدير، ومن ثم فإن الخيار النووي سيشكل مكوناً رئيسياً من مكونات إنتاج الطاقة في المستقبل، ويؤكد ذلك الطفرة الأخيرة في عدد المفاعلات قيد الإنشاء، وبخاصة في الدول النامية والحديثة التصنيع.

ولكن الدخول في صناعة الطاقة النووية يتطلب توافر العديد من المحددات في مقدمتها توافر رؤوس الأموال الضخمة، نظراً لكونها صناعة كثيفة الاستخدام لرأس المال؛ بحيث يشكل أكثر من 60٪ من التكلفة الإجمالية في هذه الصناعة، وتتوزع الـ40٪ الأخرى ما بين التشغيل والصيانة والتعامل مع المخلفات وتفكيك

* تجدر الإشارة إلى أن هناك حوادث متقطعة شهدها عدد من الدول النووية. فهناك حادثة المحطة اليابانية والتي هي متوقفة الآن على أثر هزة أرضية بقوة (6.7) درجة بمقياس ريختر، تسببت في إحداث كسر في أحد الأنابيب وكذلك سقوط براميل شديدة السمية، وتسرب منها إشعاع إلى البحر نتيجة حدوث شروخ بها (حوالي مئات الليترات). فالمحطة اليابانية هي من أكبر المحطات النووية بقدرة حوالي 2000 ميجاواط، وهي متوقفة منذ تموز/يوليو 2007. كما أن هناك حادثة بمحطة سيلافيلد التي أحدثت تلوثاً شديداً على سواحل أيرلندا، فحوادث كهذه تشكل خطراً على التنمية المستدامة.

المحطات. وحتى مع توافر رؤوس الأموال، فإن البلد الراغب في الدخول في هذه الصناعة لابد من أن يوفر المتطلبات الأساسية لبناء وتشغيل محطة نووية، وفي مقدمتها توفير العناصر البشرية العالية التأهيل والمهارات في تخصصات الهندسة النووية وغيرها من التخصصات المساندة.

وقد وجدنا أن الولايات المتحدة الأمريكية وبريطانيا كانتا قد تراجعتا عن الركب، في حين حافظت فرنسا على تطورها في هذا الشأن، ومعها كل من اليابان وكوريا الجنوبية.

وحتى تتمكن الدولة من استخدام وتطوير وصيانة المحطات النووية السلمية، لابد من أن يوفر أيضاً بناءً مؤسسياً وتنظيمياً وتشريعياً (ينظم الاستخدام السلمي للطاقة النووية) يكون مرناً وصارماً في آن واحد. كما أن إنشاء المحطات النووية يتطلب الحصول على تراخيص، وهذه لا تعطى إلا بعد فحص وتحليل مطول من قبل الهيئة الرقابية، ومن ثم ينبغي أن يتحلى الموظف الحكومي بأقصى مستويات المعرفة والكفاءة والمرونة لإصدار التراخيص، ومتابعة أداء المحطات، والتأكد من مراعاتها لاشتراطات الأمان والأمن...الخ.

لاحظنا من خلال تحليلنا للحالة الخليجية أن دول المجلس تواجه تحديات كبرى ربما تعوق إنجاز التنمية المستدامة، وفي مقدمة تلك التحديات النمو السكاني والتنمية الصناعية؛ فدول المجلس تعتبر من أعلى دول العالم استهلاكاً للطاقة، وبخاصة الطاقة الكهربائية (لكل فرد)، كما أن دول المجلس تتسم بكونها تحتضن صناعات كثيفة الاستخدام للطاقة، وفي الوقت نفسه كثيفة التلويث للبيئة، ومن ثم هي في حاجة أكثر من غيرها لاستخدام هذا المصدر وغيره من المصادر المتجددة. والنفط الذي يتم

الاعتماد عليه حالياً قد لا يكفي مستقبلاً لتلبية الاستهلاك المحلي، ناهيك عن التبعات البيئية الخطيرة التي ستنجم عن استمرار دول المجلس في اعتماد النمط القائم.

ولهذا رأينا أن الخيار الخليجي بالتوجه نحو صناعة الطاقة النووية ربما يشكل خياراً استراتيجياً يعكس رؤية شمولية بعيدة المدى، ولكن بتحليلنا لإمكانات دول المجلس لاحتضان هذه الصناعة تبين لنا أن دول مجلس التعاون، وبرغم توافر الإمكانات المادية والرأسمالية والدعم الحكومي والبنية الأساسية، تفتقر إلى العنصر البشري القادر على تشغيل وصيانة ومتابعة المحطات النووية، وأن النظام التعليمي الخليجي بعيد عن تلبية احتياجات هذه الصناعة. ونظراً لحداثة الفكرة، فإن معظم دول المجلس تفتقر إلى الإطار التشريعي والتنظيمي والمؤسسي (التشريعات والهيئات المعنية بالطاقة النووية) القادر على التعامل مع هذه الصناعة، بما يضمن تحقيق الهدف من إدخالها، وهو تحقيق التنمية المستدامة. وإن كان بعض الدول الخليجية قطعت شوطاً مهماً في هذا السياق، حيث تقترب دولة الإمارات من إصدار قانون تأسيس "الهيئة الاتحادية للتنظيم النووي" و"شركة الإمارات للطاقة النووية". كما أنه لم يتم التأكد أو البحث بجدية بعد عن مسألة توافر اليوارنيوم أو عدم توافره في الأراضي الخليجية، وفي حال عدم توافره، ما هي استراتيجية الاستيراد والتخصيب؟

مؤكد أنه ليست كل الدول التي تعتمد على الطاقة المولدة نووياً هي دول منتجة لليورانيوم مثل كوريا الجنوبية أو بريطانيا أو فرنسا، ولكن توافر اليورانيوم مع إمكانية تخصيبه يضاف إلى الميزات النسبية، ويضمن تحقق الأمان والاستقرار لدول المجلس في حال استخدامها لهذه التقنية في توليد الكهرباء. فالأردن، تتحرك بجدية نحو بناء مفاعلات نووية لتوليد الكهرباء بعد أن تم اكتشاف اليورانيوم على أرضها.

ويبدو أننا أمام سيناريوهين رئيسيين يمكن لدول مجلس التعاون العمل في إطارهما بشكل متوازن، وهما:

أولاً: سيناريو المديين القصير والمتوسط

وهو يتمثل في دعم دول مجلس التعاون للبرامج النووية لكل من مصر وإيران والأردن، بما يضمن نجاح تلك البرامج، ومن ثم ضمان تعميم شبكة الربط الكهربي العربي لتغطي كافة دول مجلس التعاون انطلاقاً من مصر والأردن، وشبكة أخرى تربط دول المجلس بإيران. وفي ذلك ضمانة مهمة تدعم جهود تعزيز الثقة والتعاون فيما بين دول المجلس وإيران وباقي دول الجوار، فالتعاون في هذا المجال يمكن أن يضمن المزيد من خطوات التعاون والتنمية. كما يمكن التعاون مع مصر التي تتوافر لها الإمكانات البشرية والعلمية والتقنية.

إن في هذا السيناريو مصلحة لكلا الطرفين، مصلحة لكل من مصر وإيران في الحصول على التمويل الكافي من دول المجلس لتخطي عقبة التمويل. كما أن هذا المشروع إذا نفذ خلال السنوات العشر القادمة، سيوفر مزايا كثيرة لدول المجلس التي تعاني حالياً مشكلة تنامي الاستهلاك المحلي للوقود في محطات الكهرباء، وتحلية المياه، أو المشكلات البيئية المتصاعدة والمترتبة على تصاعد ذلك الاستهلاك. وسيوفر فرصة جيدة لاستثمار الفوائض المالية لدول الخليج العربية التي تبحث عن فرص استثمارية بعيداً عن القنوات التقليدية (الأسواق الأمريكية والأوربية) غير المستقرة أو غير المرحبة، وسيضمن ذلك توافر إمدادات الطاقة الكهربائية لدول المجلس بتكلفة اقتصادية وبيئية أقل.

ثانياً: السيناريو الطويل الأجل

يتمثل السيناريو الطويل الأجل في العمل من الآن لبناء قواعد وترسيخ محددات وطنية خليجية (بشرية وتعليمية وتقنية ومؤسسية) تضمن تمكن دول مجلس التعاون على المدى البعيد (حوالي عشرين عاماً) من الدخول في عالم الاستخدام السلمي للتقنية النووية، بعد أن تكون تلك المقومات والمحددات قد ترسخت بشكل كامل، وفي الوقت نفسه تكون البيئة الدولية قد تطورت نحو الأفضل، بما يصب في مصلحة دول مجلس التعاون. كما يقترح أن تعمل دول المجلس بجدية من الآن للولوج في طاقة الاندماج النووي، وهي تقنية ستكون تجارية بعد حوالي عشرين سنة، وهي طاقة آمنة ونظيفة وذات كفاءة عالية.

وبناءً عليه، وفي ضوء هذا السيناريو، نضع المقترحات التالية أمام متخذ القرار الخليجي:

1. لابد من أن تنطوي الاستراتيجية الخليجية المستقبلية (البعيدة المدى) لتوليد الطاقة على إدراك واضح لواقع ومستقبل بدائل توليد الطاقة محلياً ودولياً. وربما يناسب دول المجلس في هذه المرحلة إعطاء المزيد من الاهتمام للطاقة الشمسية (الكهرضوئية) نظراً للطبيعة الجغرافية، جنباً إلى جنب مع التوجه نحو الخيار النووي البعيد المدى. ولاشك في أن المسألة تتطلب إجراء دراسات جدوى جادة في هذا الشأن. نعم، الظروف الحالية تحفز إلى التوجه نحو الطاقة النووية باعتبارها الأقل تهديداً للبيئة والصحة وأقل تكلفة، ولكن ربما يناسب دول المجلس العمل في أكثر من اتجاه، إلى جانب المصدر التقليدي الذي ينبغي

تحجيمه لخفض التكلفة، وخاصة أن دول المجلس لديها الإمكانات المادية التي تمكنها من العمل في أكثر من اتجاه، وعلى أسس علمية ومدروسة.

2. ضرورة تشجيع برامج الاستكشاف في أرض الخليج أملاً في استكشاف اليورانيوم، وإذا ما اكتشف فسيوفر على دول المجلس جانباً مهماً من تكلفة إنتاج الطاقة النووية، ويوفر حافزاً للبدء في التنفيذ، كما سيوفر لدول المجلس الأمان والاستقرار في الحصول عليه من دون الخضوع لضغوط دولية معينة، ولن يتبقى سوى تكلفة إنشاء وتشغيل المفاعلات، وهذه تمكن تغطيتها من خلال استثمار الفوائض المالية المتاحة حالياً، والمستثمَر أغلبه خارج دول المجلس. وهنا يلزم تشجيع الاستثمار الأجنبي في هذا القطاع، مع تقديم حزمة من الحوافز المناسبة في هذا الخصوص، كأسعار الفائدة الميسرة والضرائب المنخفضة، والسماح بالإعفاء منها لفترة معينة، بحيث لا يتم البدء مثلاً في تحصيلها إلا بعد تشغيل المفاعل بخمس سنوات.

3. إن تطوير هذه الصناعة ذات الخصوصية العالية يتطلب بناء قاعدة من المراكز العلمية والبحثية والكفاءات الوطنية مع توسيع التخصصات العلمية في الجامعات الخليجية لدراسة هذا العلم، حتى تمكن تغذية القطاع بالكفاءات المطلوبة، وابتعاث الكفاءات الوطنية لبرامج ودورات تدريبية في المؤسسات الدولية المعنية، وخاصة الوكالة الدولية للطاقة الذرية التي تقدم العديد من البرامج التعليمية والتدريبية في هذا الخصوص. كما يمكن استقطاب الخبراء من دول أوربا الغربية والولايات المتحدة وجنوب شرق آسيا لتدريب الكفاءات الخليجية.

4. يوصى بعدم الدخول بشكل مباشر وفوري في بناء محطة للطاقة النووية، بحيث تبدأ دول المجلس في توفير البنية الأساسية المادية والبشرية والمؤسسية والقانونية، على أن تشرع مباشرة في إعداد العناصر البشرية والكوادر المؤهلة، بحيث تتوافر خلال مراحل الإنشاء المختلفة وحتى التشغيل، حتى يمكنها اكتساب المهارات التي ستمكن تلك الدول من حمل لواء هذه الصناعة فيما بعد.

5. إن اقتراحنا بالتركيز خلال العقدين القادمين على تهيئة البنية الأساسية والمؤسسية والبشرية، وليس الدخول مباشرة في بناء المحطات النووية، مرجعه أيضاً أن هذه الصناعة تمر في الوقت الراهن بمرحلة انتقالية بعد كبوة دامت عدة عقود، ولهذا يفضل الاستعداد، حتى تتحدد وتتشكل ملامح هذه الصناعة، وفي الوقت نفسه نكون قد أنجزنا مرحلة مهمة ألا وهي تهيئة البنية الأساسية والبشرية لاستقبال هذه الصناعة العالية التطور والتقنية.

6. كما أن اقتراحنا بأن يتركز اهتمام دول المجلس خلال السنوات القادمة على تهيئة البيئة والبنية الأساسية والتقنية والبشرية، وليس الدخول مباشرة في بناء محطات نووية مرجعه الانتظار لحين الانتهاء من تصميم الجيل الرابع من المفاعلات. فالجهود الدولية تتضافر حالياً لتصميم الجيل الرابع، والذي يتوقع له أن ينجز خلال الفترة 2014–2020. فالآمال معقودة حالياً على ذلك الجيل الرابع الذي يتوقع أن يكون أكثر كفاءة وإنتاجية وأماناً، وأقل تكلفة مقارنة بالمفاعلات القائمة.

7. أكد العديد من الدراسات أن صناعة الطاقة النووية تتطلب قيام مؤسسات مستقلة ذات تمويل مستقل لتدعم تطور هذه الصناعة، بما يتوافق والمتطلبات التنموية للأقطار المعنية. وبالتالي، يقترح أن تكون نقطة البدء هي إنشاء هيئة

خليجية للطاقة النووية، وتكون لها فروع في دول المجلس الست، بحيث تكون مسؤولة عن تنفيذ الاستراتيجية الخليجية لتطوير صناعة للطاقة النووية، كما أنها ستكون همزة وصل تعكس احتياجات ومتطلبات وإمكانات دول المجلس، وبين القوى الفاعلة عالمياً وإقليمياً في هذه الصناعة. كما تتولى إعداد ودعم البرامج التعليمية والتدريبية في هذا المجال للمتميزين من مواطني دول المجلس بما يمكنهم بعد ذلك من بناء لبنة خليجية تتطور على أساسها لتكون مشروعاً خليجياً للطاقة النووية السلمية.

8. يفترَض في الهيئة الخليجية التي ستعنى ببرامج ومشروعات الطاقة النووية المزمع إنشاؤها العمل على تمكين القطاع الخاص الخليجي من التعرف بوضوح على الصناعات المغذية لصناعة الطاقة النووية، والتعرف على إمكانات ومعوقات قيامها في دول المجلس، وحثهم على الدخول للاستثمار فيها بشراكات أجنبية خلال المراحل الأولى (وهذا ما أفادتنا به التجارب المقارنة للدول النامية وخاصة كوريا الجنوبية والأرجنتين). فينبغي حفز وتشجيع المعنيين بالصناعة للاستثمار في صناعة الطاقة النووية السلمية. فصناعات كالبتروكيماويات يعنيها كثيراً استدامة واستقرار إمدادات الكهرباء وكذلك أسعارها، ولهذا هي مدعوة للاستثمار، ودعم هذه الصناعة على مستوى دول المجلس الست.

9. ضرورة حفز المؤسسات التعليمية والتدريبية الناجحة (في التخصصات المغذية لهذه الصناعة) والمتميزة عالمياً على القدوم لإنشاء فروع لها بدول المجلس، على أن تتولى الهيئة الخليجية المقترحة تقديم كافة سبل الدعم والحوافز لتلك المؤسسات والتعاون معها، بما يضمن في النهاية تمكين عناصر العمل الخليجية من معرفة ومواكبة التطورات في تقنيات وفنون هذه الصناعة، وهو ما سيخلق

في النهاية ثقافة وبيئة محفزة إلى تطوير ذاتي لهذه الصناعة خلال العقود القادمة، وبذلك نضمن استدامة عملية التنمية في دول المجلس.

10. ضرورة القيام من الآن بإنشاء كليات للهندسة النووية، وأقسام متميزة داخل الجامعات الخليجية، تستقطب المتميزين من الشباب الخليجي، مع تقديم كافة صور الدعم والحوافز لتلك الكليات والأقسام. كما يوصى -استهداءً بالتجارب المقارنة الناجحة- بأن يتم ضمان فرص وظيفية متميزة للعشرة أو العشرين الأوائل في كل تخصص من التخصصات المغذية لصناعة الطاقة النووية. كما يمكن أن تمتد حزمة الحوافز تلك إلى الخبراء الأجانب الذين يتم استقطابهم للعمل في مراكز الأبحاث والجامعات الخليجية.

11. تفيد التجارب المقارنة بأنه لبناء قاعدة وطنية لصناعة الطاقة النووية يلزم أولاً إنشاء مفاعلات بحثية، يتدرب ويتعلم فيها طلاب الهندسة النووية، لهذا يُقترح أن تعمل دول المجلس في تلك المرحلة الانتقالية على الشروع في بناء تلك المفاعلات البحثية تحت رقابة الهيئة الخليجية المقترحة، حتى يمكن تفعيل الخبرات النظرية مع التطبيقات العملية. وتمكن دعوة العديد من الشركات العالمية البارزة في هذا المجال، مثل وستنج هاوس الأمريكية أو فراماتوم الفرنسية أو المؤسسة الكورية للهندسة النووية...الخ، وذلك للاستفادة من خبراتها في بناء المفاعلات البحثية داخل الجامعات.

12. ينبغي على دول المجلس، قبل دخول هذه الصناعة، وضع الإطار القانوني والتنظيمي الشفاف واليسير، بما يمكن المهتمين بالدخول فيها من إنجاز

الإجراءات في أقل وقت وبأقل تكلفة ممكنة، لأن ذلك سينعكس في النهاية على الجدوى الاقتصادية والاستثمارية للمشروع، وفي الوقت نفسه تحدد التشريعات المنظمة للاستخدام السلمي للمصدر النووي حقوق والتزامات كل الأطراف، وبخاصة مالكو المحطات النووية ومشغلوها.

على دول المجلس تحقيق الاستقرار الاقتصادي، وبخاصة ضمان الاستقرار في سعر صرف العملات الوطنية، والأهم ضمان مستويات معتدلة من التضخم وأسعار الفائدة. فالارتفاع التصاعدي في التضخم يزيد من عنصر التكلفة، وهو ما يضعف في النهاية من الجدوى الاقتصادية للاستثمار والاستمرار في هذه النوعية من المشروعات من قبل القطاع الخاص.

الهوامش

الفصل الأول

1. انظر:

Bruno Comby, "The Benefits of Nuclear Energy," Environmentalists for Nuclear Energy, 3, at: <www.ecolo.org/documents/documents_in_english/BENIFITS -of-Nuclear.pdf>

2. سليمان الخطاف، «الصناعات البتروكيماوية تستهلك 11.5٪ من إجمالي نفط أوبك»، جريدة الاقتصادية (الرياض: 26 تشرين الثاني/ نوفمبر، 2006)، ص13.

3. Comby, op. cit., 3.

4. انظر:

"The New Economics of Nuclear Power," World Nuclear Association, 2005, 15. at: <www.world-nuclear.org/reference/pdf/economics.pdf>

5. انظر:

Olivier Appert, "Energy and Sustainable Development: Issues and Options," *NEA News* vol.19, no.1 (2001): 4, at: <www.nea.fr/html/pub/newsletter/2001/energy19-1pdf>

6. انظر:

Thierry Dujardin, "Nuclear Energy and Sustainable Development: Economics, Environment, Social," Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-Operation and Development, May, 2007, 6, at:

<ww.iaea.org/OurWork/ST/NE/Press/csd15/TD-070504-csd-15.pdf>

7. Comby, op. cit., 4.

8. Appert, op. cit., 3.

9. Comby, op. cit. 5.

10. روبرت برايس، «أهم 10 مخاطر تواجه العالم»، صحيفة الاقتصادية (الرياض: 20 آب/ أغسطس 2007)، ص 25.

11. انظر:

Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-Operation and Development, *Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective* (Paris: OECD, NEA, 2000), 7, available at: <www.nea.fr/html/ndd/docs/2000/nddsustdev.pdf>

12. Appert, op. cit., 8.

13. انظر:

Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-Operation and Development, *Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective*, op. cit., 7.

14. انظر:

Adil Najam and Cutler J. Cleveland, "Energy and Sustainable Development at Global Environmental Summits: An Evolving Agenda," *Environment, Development and Sustainability* vol.5, no1-2 (March, 2003): 1, available at:

<www.eoearth.org/article/Energy_and_sustainable_development_at_global_environment_summits>

15. Ibid, 122.

16. Dujardin, op. cit., 29.

17. انظر:

Karen Daifuku, "Nuclear Energy Today," Policy Briefs (February, 2005): 5, at: <www.oecd.org/dataoecd/32/62/34537360.pdf>

18. Adil Najam and Cutler Cleveland, op. cit., 122.

19. Daifuku, op. cit., 4.

20. Adil Najam and Cutler Cleveland, op. cit., 2

21. انظر:

Zeng Wenxing, "The Role of Nuclear Power for a Sustainable Development in China," in ILK-Symposium on *Opportunities and Risks of Nuclear Power* (China: Guangdon Nuclear Power Corporation Ltd, April, 2001), 2, at:

<www.ilk-online.org/download/en/zeng_abstract_en.pdf>

22. انظر:

International Atomic Energy Agency, "Nuclear Technology Review 2007," Report by the Director General, GC(51)Inf/3, July 2, 2007, at: <www.iaea.org/About/Policy/GC/GC51/GC51InfDocuments/English/gc51inf-3_en.pdf>.

23. .Daifuku, op. cit., 3

24. .Dujardin, op. cit., 7

25. .Zeng Wenxing, op. cit., 4

26. .Dujardin, op. cit., 9

27. «جولة بوش اللاتينية ترسم طريقاً جديداً للطاقة البديلة في العالم»، جريدة الاقتصادية (الرياض: 18 آذار/ مارس2007)، ص29.

28. انظر:

"The Revival of Nuclear Energy: Going Forward Together," *Nuclear News* vol.48, no.1 (January, 2005): 8, at: <www.ans.org/pubs/magazines/nn/docs/ 2005-1-3.pdf>

29. انظر:

"Nuclear Energy's Contribution to Sustainable Development" (Belgium: FORATOM, 2007), 3 <www.foratom.org>

30. انظر:

International Atomic Energy Agency, "Nuclear Technology Review 2007," op. cit., 3.

31. انظر:

Ben Pearson, "The Clean Development Mechanism: An Instrument for Sustainable Development or a New Nuclear Subsidy?" Greenpeace Organization, 2003, 2, at:
<http://archive.greenpeace.org/climate/climatecountdown/nukescdm.pdf>

32. انظر:

Ujjayant Chakravorty et als, "Can Nuclear Power Solve the Global Warming Problem?" at: <http://idei.fr/doc/wp/2006/nuclear_power.pdf>

33. Pearson, op. cit., 1.

34. Chakravorty et als, op. cit., 2.

35. انظر:

Mauno Paavola, "Vision for Global Nuclear Industry in the 21st. Century: A Finish View," Working paper presented at the World Nuclear Association annual symposium, London, 5-7 September 2001, 6, at: <www.world-nuclear.org/sym/2007/archive/2001/pdfs/paavola.pdf>

36. انظر:

"Nuclear Power in the 21st. Century," *Nuclear News* vol.43, no.1 (January 2000): 2, at: <www.ans.org/pubs/magazines/nn/docs/2000-1-2.pdf>

37. انظر:

International Atomic Energy Agency, "Nuclear Technology Review 2007," op. cit., 7.

الفصل الثاني

1. انظر:

US Department of Energy, "The History of Nuclear Energy," US Department of Energy, Office of Nuclear Energy, Science & Technology, DOE/NE-0088, at: <http://nuclear.gov/pdfFiles/History.pdf>.

2. انظر:

"A Historical Date," *Nuclear News vol.46, no.12* (November, 2003): 42, at: <www.ans.org/pubs/magazines/nn/docs2003-11-2.pdf>

3. .US Department of Energy, op. cit., 8

4. سليمان بن صالح الخطاف، «الطاقة النووية السلمية: خيار أم مصير؟ السعودية أمام خريطة طريق لمستقبل خال من النفط» جريدة الاقتصادية (الرياض: 13 أيار/ مايو 2007)، ص 26.

5. انظر:

Steve Thomas, "The Economics of Nuclear Power: Analysis of Recent Studies," Public Services International Researches Unit, University of Greenwich, July, 2005, 9, at: <www.psiru.org/reoprts/2005-09-E-Nuclear.pdf>.

6. .US Department of Energy, op. cit., 10

7. .Thomas, op. cit., 15

8. انظر:

"Changing Times for the Nuclear Industry," *Nuclear News* vol.50, no.1 (January, 2007): 9, at: <www.ans.org/pubs/magazines/nn/docs/2007-1-4.pdf>

9. .Daifuku, op. cit., 1

10. . "Nuclear Power in the 21st. Century," op. cit., 5

11. انظر:

International Atomic Energy Agency, "Nuclear Technology Review 2007," op. cit., 7.

12. .Thomas, op. cit., 9

13. محمد فاروق أحمد، «الوقود النووي»، **مجلة العلوم والتقنية**، العدد 79 (الرياض: تموز/ يوليو 2006)، ص 24.

14. "Changing Times for the Nuclear Industry," op. cit., 2

15. انظر:

Alan McDonald, "Nuclear Power: Status and Outlook," International Atomic Energy Agency, CSD-15, New York, May 2007, 5, 10, 11, 12, at:

<http://iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/csd15/McD-070504-csd15-short.pdf>

16. انظر:

Yuri A. Sokolov and Alan Macdonald, "The Nuclear Power Options for Africa," *ATDF Journal* vol.2, no.2 (2007): 13, at: <www.atdforum.org/IMG/pdf/nuclearpower_options_Africa.pdf>

17. انظر:

Ferenc L. Toth and Hans-Holger Rogner, "Oil and Nuclear Power: Past, Present, and Future," *Energy Economics Journal* no. 28 (2006): 8, available at:

<www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/asset/oil+np_toth+rogner0106.pdf>

18. "The New Economics of Nuclear Power," op. cit., 41.

19. Paavola, op. cit., 2.

20. Thomas, op. cit., 9.

21. "The New Economics of Nuclear Power," op. cit., 72.

22. Thomas, op. cit., 14.

23. انظر:

Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-Operation and Development, *Nuclear Energy Today* (Paris: OECD, 2003, 2005), 26, at:

<www.nea.fr/html/pub/nuclearenergytoday/net/nuclear_energy_today.pdf>

24. انظر:

International Atomic Energy Agency, "Nuclear Technology Review 2006," Report by the Director General, GC(50)/INF/3, July3, 2006, 7, at: <www.iaea.org/About/Policy/GC/GC50/GC50InfDocuments/English/gc50inf-3_en.pdf>.

25. Thomas, op. cit., 9.

26. Ibid, 20.

27. Ibid, 15.

28. انظر:

International Atomic Energy Agency, "Economic Performance Indicators for Nuclear Power Plants," *Technical Reports Series* no.437 (2006), at: <www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS437_web.pdf>

29. Thomas, op. cit., 8.

30. انظر:

Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-Operation and Development, *Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective*, op. cit., 31.

31. Thomas, op. cit., 21.

32. "The New Economics of Nuclear Power", op. cit., 17.

33. سعر الخصم discount rate، هو سعر الفائدة التي يقرض بها البنك المركزي في الدولة البنوك التجارية في هذه الدولة. وهناك علاقة طردية بين سعر الخصم ومعدل الفائدة على القروض والودائع.

34. Thomas, op. cit. 17.

35. Dujardin, op. cit., 35.

36. Thomas, op. cit., 8.

37. "The New Economics of Nuclear Power," op. cit., 18

38. انظر:

Phil Prince and Matt Ayres, "The Future of Energy in Canada: Baseload Generation Options for Ontario," Canadian Energy Research Institute, September 2, 2004 <www.cna.ca/english/pdf/studies/CERI/OEASeptember2-2004.ptt>

39. Thomas, op. cit., 14

40. "The New Economics of Nuclear Power," op. cit., 10.

41. Ibid, 8.

42. Thomas, op. cit., 18.

43. انظر:

International Atomic Energy Agency, "Economic Performance Indicators for Nuclear Power Plants," op. cit., 33.

44. "The New Economics of Nuclear Power", op. cit., 15.

45. Thomas, op. cit., 10.

46. Comby, op. cit., 8.

47. Daifuku, op. cit., 5.

48. انظر:

"Jeff Combs: Comments on the Global Nuclear Fuel Market," *Nuclear News* vol.49, no.3 (March, 2006): 35, at: <www.ans.org/pubs/magazines/nn/docs/2006-3-2.pdf>

49. انظر:

Luis E. Echavarri, "Nuclear Energy: Towards Sustainable Development," *OECD Observer* no 258/259 (December, 2006): 2, at: <www.oecdobserver.org/news/fullstory.php/aid/2076>

50. انظر:

Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-Operation and Development, *Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective*, op. cit., 35.

51. انظر:

Stephen Ansolabehere et al., "The Future of Nuclear Power: An Interdisciplinary MIT Study," Massachusetts Institute of Technology, 2003, 9, at: <http://web.mit.edu/nuclearpower>.

52. "The New Economics of Nuclear Power," op. cit., 17.

53. Thomas, op. cit., 22.

54. "Jeff Combs: Comments on the Global Nuclear Fuel Market," op. cit., 32.

55. Daifuku, op. cit., 4.

56. "Jeff Combs: Comments on the Global Nuclear Fuel Market," op. cit., 30.

57. انظر:

Staff responses to frequently asked questions concerning decommissioning of nuclear power reactors <www.nrc.gov/reading-rm/doccollections/nuregs/staff/sr1628/sr1628.pdf>

58. "The New Economics of Nuclear Power," op. cit.,16.

59. Comby, op. cit., 8.

60. انظر:

International Atomic Energy Agency, "Global Status and Outlook for Nuclear Power," CSD-15, New York, May 2006, 2 at: <http://iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/csd15/H2R-070504-csd-15-short.pdf>.

61. Comby, op. cit., 6.

62. Daifuku, op. cit., 5.

63. انظر:

Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-Operation and Development, *Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective*, op. cit., 34.

64. انظر:

<http:en.wikipedia.org/wiki/Mining_accident#United_states>
<http:en.wikipedia.org/wiki/Monongah_mining_disaster>

65. انظر:

"China Aims to Cut Coal Mine Death Toll by 30 percent by 2007," *China Daily*, 3/11/2003, *at:* <http://www.chinadaily.com.cn/en/doc/2003-11/03/content_277948.htm>.

66. Toth and Rogner, op. cit., 8.

67. Daifuku, op. cit., 7.

68. Thomas, op. cit., 15.

69. Daifuku, op. cit., 5.

70. Paavola, op. cit.

71. انظر:

David Kestenbaum, "PA Expected to Issue Million-Year-Long Regulation," <www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=6525491>; "NRC Adopts 1 Million Year Rule for Yucca Mountain," Reuters, Feb 17, 2009 <www.reuters.com/article/environmentNews/idUSTRE51G6XN20090217>

72. Daifuku, op. cit., 8.

73. Daifuku, op. cit., 4, op. cit., 5.

74. انظر:

US Department of Energy, "Global Nuclear Energy Partnership Strategic Plan," GNEP-167312, Rev.0 (January, 2007), 5, at: www.ne.doe.gov/peis/references/RM792_DOE_20071.pdf>

الفصل الثالث

1. انظر:

R. Ian Facer, "Considerations before the Initiation of a Nuclear Power Program," International Atomic Energy Agency, 2008, at: <http://ipeta.demokritos.gr/Documents/FACER.pdf>

2. انظر:

Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-Operation and Development, *Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective*, op. cit., 43.

3. انظر:

Phung Van Duan & Phung Viet Anh, "Transfer of Nuclear Engineering Knowledge at Hanoi University of Technology," IAEA-CN-153/4/O/04, 5, at: <www.iaea.org/inisnkm/nkm/documents/nkmCon2007/fulltext/FP/IAEA-CN-153-4-O-04fp.pdf>

4. انظر:

Min Byung-Joo, "Future Perspective of Human Resources in Nuclear Technology: The Korean Case," Working paper presented in Vienna, 18-21 June 2007, 1, at:

<www.iaea.org/inisnkm/nkm/documents/nkmCon2007/fulltext/FP/IAEA-CN-153-4-K-03fp.pdf>

.5 انظر:

Peter S. Hastings, "Licensing and Building New Nuclear Infrastructure," *Bridge* vol.32, no.4 (Winter 2002): 4, at:
<www.nae.edu/nae/bridgecom.nsf/weblinks/MKEZ-5HUMT3?OpenDocument>

.6 انظر:

"Nuclear Education and Training: Cause for Concern? A Summary Report," Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development, 2004 6, at: <www.nea.fr/html/ndd/reports/2000/nea2428-education.pdf>.

.7 .Ibid, 8

.8 انظر:

"Looking to the Future: The Next 50 Years," *Nuclear News* vol.48, no.9 (August 2005), 50, at: <www.ans.org/pubs/magazines/nn/docs/2005-8-3.pdf>

.9 .Ibid, 49

.10 ."Changing Times for Nuclear Industry," op. cit., 10

.11 ."Looking to the Future: The Next 50 Years," op. cit., 51

.12 انظر:

James J. Duderstadt, "The Human and Intellectual Capital Investments Necessary for a Sustainable Nuclear Energy Future," The American Nuclear Society Winter meeting, November, 2000, 2, at:
<http://milporoj.ummu.umich.edu/publications/ans_presentation_1/ans_presentation_1.pdf>

.13 ."The Revival of Nuclear Energy: Going Forward Together," op. cit., 1

.14 انظر:

"Nuclear Education and Training: Causes for Concern? A Summary Report," op. cit., 5.

15. Ibid, 11.

16. Byung-Joo, op. cit., 1.

17. انظر:

M. Sbaffoni et al., "Human Resources Development: Capabilities and Experience of CNEA and Its Institutes in Argentina," Comision Nacional de Energia Atomica, Argentina, 2007, 6, at:
<www.iaea.org/inisnkm/nkm/documents/nkmCon2007/fulltext/ES/IAEA-CN-153-P-50es.pdf>

18. انظر:

Ned Xoubi, "Development of Nuclear Engineering Education in Jordan," Department of Nuclear Engineering, Jordan University of Science and Technology, 2007, 3, at:
<www.iaea.org/inisnkm/nkm/documents/nkmCon2007/fulltext/ES/IAEA-CN-153-4-P-14es.pdf>

19. Van Duan & Viet Anh, op. cit., 4.

20. "Looking to the Future: The Next 50 Years," op. cit., 42.

21. "The New Economics of Nuclear Power," op. cit., 33.

22. "The Revival of Nuclear Energy: Going Forward Together," op. cit., 5.

23. "Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective," op. cit., 52.

24. "The New Economics of Nuclear Power," op. cit., 30.

25. Echavarri, op. cit., 1.

26. "Changing Times for the Nuclear Industry," 6.

27. انظر:

Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-Operation and Development, *Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective*, op. cit., 44, 52.

.28 .Ibid, 31

.29 .Thomas, op. cit., 12

.30 انظر:

US Nuclear Regulatory Commission, "Background on Reactor License Renewal," <www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/license-renewal- bg.html>. cit., 13.

.31 انظر: .Ibid, 13

الفصل الرابع

.1 «ترشيد استخدام الطاقة في القطاع الصناعي في الدول العربية»، مؤتمر الطاقة العربي الثامن (عمان: أيار/ مايو 2006)، ص5. متاح على الرابط التالي:

<www.kantakji.com/fiqh/files/Economics/4014.com>

.2 انظر:

Department of Economic and Social Affairs, *World Population Prospects: The 2006 Revision: Highlights* (New York: The United Nations, 2007), at: <www.un.org/esa/population/publications/wpp2006/WPP2006_Highlights_rev.pdf>.

.3 انظر:

"Middle East Electricity Exhibitions & Conferences," *MEED* and *Gulf News*, at: <www.middleeastelectricity.com/Power/PowerGeneration.html>

.4 «ترشيد استخدام الطاقة في القطاع الصناعي في الدول العربية»، مرجع سابق، ص 5.

.5 «29 مليار دولار استثمارات دول الخليج في صناعة البتروكيماويات»، اليوم الإلكتروني (17 كانون الثاني/ ديسمبر 2006)، على الرابط التالي:

<www.alyaum.com/issue/page.php?IN=12238&P=15&G=2>

.6 وضعت المملكة العربية السعودية حجر الأساس لبناء أكبر مصنع للألمنيوم في العالم برأس مال قدره 26 مليار ريال. وتعد صناعة الألمنيوم في مقدمة الصناعة الكثيفة الاستهلاك للطاقة، ولهذا يمكن للطموحات التنموية أن تتعثر ما لم تتوافر مصادر الطاقة المستدامة التي تضمن نجاحها واستمراريتها.

7. الاستراتيجية الموحدة للتنمية الصناعية لـدول مجلس التعـاون لدول الخليـج العربيـة، متاحة على الرابط التالي: <http://library.gcc-sg.org/Arabic/Books/ArabicPublish-09.htm>

8. حبيب الشمري «5 تحديات تواجه القطاع أبرزها إعادة الهيكلة وحسم جدل ازدواجية التيار: مشكلات قطاع الكهرباء في السعودية.. مالية أم إدارية؟» جريدة **الاقتصادية** (الرياض: 13 نيسان/ إبريل 2007)، ص 22.

9. «ترشيد استخدام الطاقة في القطاع الصناعي في الدول العربية»، مرجع سابق، ص 16.

10. المرجع السابق، ص 15.

11. انظر:

German Watch and CAN Europe, Climate Channge Performance Index 2009 <www.germanwatch.org/klima/ccpi09.pdf>

12. الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية <www.gcc-sg.org/gccstat>.

13. «ترشيد استخدام الطاقة في القطاع الصناعي في الدول العربية»، مرجع سابق، ص 4.

14. «الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي.. واقع جديد» (الكويت: وزارة الإعلام)، متاح على الرابط التالي:

<www.news.gov.kw/files/documents/D9%85%D9%84%D9%81%D8%A7%D8%AA%20%D8%B3%D8%B9%D8%AF%20%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%AC%D9%85%D9%8A-%D9%85%D9%87%D9%85/10-25-11.doc>

15. البيانات المتاحة على موقع مجلس التعاون -حتى لحظات الانتهاء من هذه الدراسة- توقفت عند عام 2005، وبعض البيانات الأخرى لعام 2006، كما أن الأرقام الواردة في الجدول (4-2) هي من تقرير صادر عام 2007، انظر:

<http://library.gcc-sg.org/Arabic/Alist.asp?mymode=Recent>

16. سليمان الخطاف، «الصناعات البتروكيماوية تستهلك 11.5٪ من إجمالي نفط أوبك»، مرجع سابق، ص 13.

17. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، **مجموعة الإحصاءات البيئية في منطقة اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا** (نيويورك: الأمم المتحدة، 2007)، ص 103.

18. انظر:

"USD 150 Billion Bill for Future GCC Electricity Needs" (January 20, 2003) at: <www.ameinfo.com/17469.html>.

19. «خطة لشركة كهرباء السعودية حتى 2015 وتوقع زيادة الطلب بنسبة 7٪»، جريدة **الشرق الأوسط** (لندن: 17 حزيران/ يونيو 2007)، ص 9.

20. «أبوظبي تستضيف اجتماع وزراء الكهرباء والماء الخليجيين»، جريدة **الوطن** (الدوحة: 12 تشرين الثاني/ نوفمبر 2006).

21. وزارة المياه والكهرباء السعودية، **التقرير السنوي 2006** (الرياض: وزارة المياه والكهرباء، 2007)، ص25.

22. وزارة الكهرباء والماء، **كتاب الإحصاء السنوي 2006** (الكويت: وزارة الكهرباء والماء، 2007)، ص 64 و65.

23. حبيب الشمري، مرجع سابق، ص22.

24. «61 مليار دولار استثمارات دول المنطقة في مشروعات الطاقة حتى عام 2011»، **اليوم الإلكتروني**، 1 آب/ أغسطس 2007، على الرابط التالي:

<www.alyaum.com/issue/page.php?IN=12465&P=28>

25. حبيب الشمري، مرجع سابق، ص 22.

26. وزارة المياه والكهرباء السعودية، **الكهرباء في المملكة العربية السعودية: نموها وتطورها** للعام 1423/ 1424 (الرياض: وزارة المياه والكهرباء، 2004).

27. سليمان بن صالح الخطاف، «الطاقة النووية السلمية .. خيار أم مصير؟»، مرجع سابق، ص 20.

28. اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، مرجع سابق، ص 104.

29. علي مصطفى بن الأشهر، «دراسة تحليلية عن تطور العلوم في الوطن العربي 2003-2004»، **الحولية العربية للعلوم** (تونس: المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، 2006)، متاحة على الرابط التالي:

<www.alecso.org.tn/index.php?option=com_content&task=view&id=794&Itemid=498&lang=ar>

30. **تقرير تنمية القوى البشرية في الوطن العربي في مجالات التربية والثقافة والعلوم ومحو الأمية خلال الفترة ما بين 1990 و2003** (تونس: المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم)، متاح على الرابط التالي:

<www.alecso.org.tn/index.php?option=com_content&task=view&id=506&Itemid=501&lang=ar>

31. معين حمزة، «التمويل العربي للبحث العلمي والتجربة الأوربية»، متاح على الرابط التالي:

<www.arabschool.org.sy/Celebration/Dr.Mueen%20Hamzeh.doc>.

32. ياس خضير البياتي، «الفلسفة التعليمية والبيئة الجامعية والتمويل: بوابات العصر لتنشيط البحث العلمي في الجامعات الخليجية»، **مجلة آراء حول الخليج**، العدد 36 (أيلول/ سبتمبر 2007).

33. سليمان بن صالح الخطاف، «الطاقة النووية السلمي.. خيار أم مصير؟» مرجع سابق، ص21.

المراجع

أولاً: المراجع العربية

حبيب الشمري، «5 تحديات تواجه القطاع أبرزها إعادة الهيكلة وحسم جدل ازدواجية التيار: مشكلات قطاع الكهرباء في السعودية.. مالية أم إدارية؟» جريدة **الاقتصادية** (الرياض: 13 نيسان/ إبريل 2007).

روبرت برايس، «أهم 10 مخاطر تواجه العالم»، صحيفة **الاقتصادية** (الرياض: 20 آب/ أغسطس 2007).

سليمان الخطاف، «الصناعات البتروكيماوية تستهلك 11.5٪ من إجمالي نفط أوبك»، جريدة **الاقتصادية** (الرياض: 26 تشرين الثاني/ نوفمبر، 2006).

ــــــــ، «الطاقة النووية السلمية: خيار أم مصير؟ السعودية أمام خريطة طريق لمستقبل خال من النفط» جريدة **الاقتصادية** (الرياض: 13 أيار/ مايو 2007).

علي مصطفى بن الأشهر، «دراسة تحليلية عن تطور العلوم في الوطن العربي 2003-2004»، **الحولية العربية للعلوم** (تونس: المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، 2006) <www.alecso.org.tn/index.php?option=com_content&task=view&id=794&Itemid=498&lang=ar>

اللجنة الاجتماعية والاقتصادية لغربي آسيا، **مجموعة الإحصاءات البيئية في منطقة اللجنة الاجتماعية والاقتصادية لغربي آسيا** (نيويورك: الأمم المتحدة، 2007).

المؤسسة العربية لضمان الاستثمار، تقرير مناخ الاستثمار في الدول العربية (الكويت: المؤسسة العربية لضمان الاستثمار، كانون الثاني/ يناير 2006).

محمد فاروق أحمد، «الوقود النووي»، **مجلة العلوم والتقنية**، العدد 79 (الرياض: تموز/ يوليو 2006).

معين حمزة، «التمويل العربي للبحث العلمي والتجربة الأوربية»
<www.arabschool.org.sy/Celebration/Dr.Mueen%20Hamzeh.doc>

المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، **تقرير تنمية القوى البشرية في الوطن العربي في مجالات التربية والثقافة والعلوم ومحو الأمية خلال الفترة ما بين 1990 و2003**، (تونس: المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم).

<www.alecso.org.tn/index.php?option=com_content&task=view&id=506&Itemid=501&lang=ar>

وزارة الكهرباء والماء، **كتاب الإحصاء السنوي 2006** (الكويت: وزارة الكهرباء والماء، 2007).

وزارة المياه والكهرباء، **التقرير السنوي 2006** (الرياض: وزارة المياه والكهرباء، 2007).

ـــــــــ، **الكهرباء في المملكة العربية السعودية: نموها وتطورها للعام 1423/ 1424** (الرياض: وزارة المياه والكهرباء، 2004).

ياس خضير البياتي، «الفلسفة التعليمية والبيئة الجامعية والتمويل: بوابات العصر لتنشيط البحث العلمي في الجامعات الخليجية»، **مجلة آراء حول الخليج**، العدد 36 (أيلول/ سبتمبر 2007).

«29 مليار دولار استثمارات دول الخليج في صناعة البتروكيماويات»، **اليوم الإلكتروني** (17 كانون الأول/ ديسمبر 2006).

<www.alyaum.com/issue/page.php?IN=12238&P=15&G=2>

«61 مليار دولار استثمارات دول المنطقة في مشروعات الطاقة حتى عام 2011»، اليوم الإلكتروني (1 آب/ أغسطس 2007) <www.alyaum.com/issue/page.php?IN=12465&P=28>

«أبوظبي تستضيف اجتماع وزراء الكهرباء والماء الخليجيين»، جريدة **الوطن** (الدوحة: 12 تشرين الثاني/ نوفمبر 2006).

«الاستراتيجية الموحدة للتنمية الصناعية لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربية»، <http://library.gcc-sg.org/Arabic/Books/ArabicPublish-09.htm>

«ترشيد استخدام الطاقة في القطاع الصناعي في الدول العربية»، **مؤتمر الطاقة العربي الثامن** (عمان: أيار/ مايو 2006) <www.kantakji.com/fiqh/files/Economics/4014.com>

«جولة بوش اللاتينية ترسم طريقاً جديداً للطاقة البديلة في العالم»، جريدة **الاقتصادية** (الرياض: 18 آذار/ مارس2007).

«خطة لشركة كهرباء السعودية حتى 2015 وتوقع زيادة الطلب بنسبة 7٪»، جريدة الشرق الأوسط (لندن: 17 حزيران/ يونيو 2007).

«الربط الكهربائي لدول مجلس التعاون الخليجي.. واقع جديد» (الكويت: وزارة الإعلام). <www.news.gov.kw/files/documents/D9%85%D9%84%D9%81%D8%A7%D8%AA%20%D8%B3%D8%B9%D8%AF%20%D8%A7%D9%84%D8%B9%D8%AC%D9%85%D9%8A-%D9%85%D9%87%D9%85/10-25-11.doc>

ثانياً: المراجع الأجنبية

Ansolabehere, Stephen. et al. "The Future of Nuclear Power: An Interdisciplinary MIT Study." Massachusetts Institute of Technology, 2003 <http://web.mit.edu/nuclearpower>

Appert, Olivier. "Energy and Sustainable Development: Issues and Options." *NEA News* vol.19, no.1 (2001) <www.nea.fr/html/pub/newsletter/2001/energy19-1pdf>

Byung-Joo, Min. "Future Perspective of Human Resources in Nuclear Technology: The Korean Case." working paper presented in Vienna, 18-21 June 2007 <www.iaea.org/inisnkm/nkm/documents/nkmCon2007/fulltext/FP/IAEA-CN-153-4-K-03fp.pdf>

Chakravorty, Ujjayant. et als. "Can Nuclear Power Solve the Global Warming Problem?" <http://idei.fr/doc/wp/2006/nuclear_power.pdf>

Comby, Bruno. "The Benefits of Nuclear Energy." Environmentalists for Nuclear Energy <www.ecolo.org/documents/documents_in_english/BENIFITS-of-Nuclear.pdf>

Daifuku, Karen. "Nuclear Energy Today." *Policy Briefs* (February 2005) <www.oecd.org/dataoecd/32/62/34537360.pdf>

Duderstadt, James J. "The Human and Intellectual Capital Investments Necessary for a Sustainable Nuclear Energy Future." The American Nuclear Society Winter meeting, November, 2000 <http://milporoj.ummu.umich.edu/publications/ans_ presentation_1/ans_presentation_1.pdf>

Dujardin, Thierry. "Nuclear Energy and Sustainable Development: Economics, Environment, Social." OECD NEA, May 2007 <ww.iaea.org/OurWork/ST/NE/Press/csd15/TD-070504-csd-15.pdf>

Echavarri, Luis E. "Nuclear Energy: Towards Sustainable Development." *OECD Observer*, no 258/259 (December, 2006) <www.oecdobserver.org/news/fullstory.php/aid/2076>

Facer, R. Ian. "Considerations before the Initiation of a Nuclear Power Program." IAEA, 2008 <http://ipeta.demokritos.gr/Documents/FACER.pdf>

German Watch and CAN Europe. "Climate Channge Performance Index 2009." <www.germanwatch.org/klima/ccpi09.pdf>

Hastings, Peter S. "Licensing and Building New Nuclear Infrastructure." *Bridge* vol.32, no.4 (Winter 2002) <www.nae.edu/nae/bridgecom.nsf/weblinks/MKEZ-5HUMT3?OpenDocument>

International Atomic Energy Agency. "Economic Performance Indicators for Nuclear Power Plants." *Technical Reports Series* no. 437 (2006) <www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS437_web.pdf>

International Atomic Energy Agency. "Global Status and Outlook for Nuclear Power." IAEA, CSD-15, New York, May 2006 <http://iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/csd15/H2R-070504-csd-15-short.pdf>

International Atomic Energy Agency. "Nuclear Technology Review 2006." Report by the director general, GC(50)/INF/3, July 3, 2006, at: www.iaea.org/About/Policy/GC/GC50/GC50InfDocuments/English/gc50inf-3_en.pdf

International Atomic Energy Agency. "Nuclear Technology Review 2007." Report by the director general, International Atomic Energy Agency, 2007.

<www.iaea.org/About/Policy/GC/GC51/GC51InfDocuments/English/gc51inf-3_en.pdf>

International Atomic Energy Agency. Report on nuclear energy and sustainable development <www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/assets/06-13891_NP&SDbrochure.pdf>

Kestenbaum, David. "PA Expected to Issue Million-Year-Long Regulation". <www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=6525491>

McDonald, Alan. "Nuclear Power: Status and Outlook." IAEA, CSD-15, New York, May, 2007 <http://iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/csd15/McD-070504-csd15-short.pdf>

Najam, Adil and Cutler J. Cleveland. "Energy and Sustainable Development at Global Environmental Summits: An Evolving Agenda." *Environment, Development and*

Sustainability vol.5, no1-2 (March, 2003) <www.eoearth.org/article/Energy and_sustainable_development_at_global_environment_summits>

Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development. *Nuclear Energy in a Sustainable Development Perspective* (Paris: OECD NEA, 2000) <www.nea.fr/html/ndd/docs/2000/nddsustdev.pdf>

Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development. "Nuclear Education and Training: Cause for Concern?" A summary report, 2004 <www.nea.fr/html/ndd/reports/2000/nea2428-education.pdf>.

Nuclear Energy Agency, Organization for Economic Co-operation and Development. *Nuclear Energy Today* (Paris: OECD, 2003, 2005) <www.nea.fr/html/pub/nuclearenergytoday/net/nuclear_energy_today.pdf>

Nuclear Energy Institute. "World Nuclear Power Generation and Capacity." Nuclear Energy Institute, 2006 <www.nei.org/filefolder/ World_Nuclear_ Power_Generation_and_Capacity_1.xls>

Nuclear Energy Institute. "Fuel as a Percentage of Electric Power production Costs." <www.nei.org/filefolder/ fuel_as_percent_electric_production_costs_1.ppt>

Paavola, Mauno. "Vision for Global Nuclear Industry in the 21st Century: A Finish View." working paper presented at the World Nuclear Association annual symposium. London, 5-7 September 2001 <www.world-nuclear.org/sym/2007/archive/2001/pdfs/paavola.pdf>

Pearson, Ben. "The Clean Development Mechanism: An Instrument for Sustainable Development or a New Nuclear Subsidy?" Greenpeace Organization, 2003 <http://archive.greenpeace.org/climate/climatecountdown/nukescdm.pdf>

Population Division of the Department of the Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat (2007). *World Population Prospects: The 2006 Revision, Highlights* (New York: United Nations) <www.un.org/esa/population/publications/wpp2006/WPP2006_Highlights_rev.pdf>

Prince, Phil and Matt Ayres. "The Future of Energy in Canada: Baseload Generation Options for Ontario." Canadian Energy Research Institute, September 2, 2004 <www.cna.ca/english/pdf/studies/CERI/OEASeptember2-2004.ptt>

Sbaffoni, M. et al. "Human Resources Development: Capabilities and Experience of CNEA and Its Institutes in Argentina." Comision Nacional de Energia Atomica,

2007 <www.iaea.org/inisnkm/nkm/documents/nkmCon2007/fulltext/ES/IAEA-CN-153-P-50es.pdf>

Sokolov, Yuri. A. and Alan Macdonald. "The Nuclear Power Options for Africa." *ATDF Journal*, vol. 2, no. 2 (2007) <www.atdforum.org/IMG/pdf/nuclearpower_options_Africa.pdf>

Thomas, Steve. "The Economics of Nuclear Power: Analysis of Recent Studies." Public Services International Researches Unit, University of Greenwich, July 2005 <www.psiru.org/reoprts/2005-09-E-Nuclear.pdf>

Toth , Ferenc L. and Hans-Holger Rogner, "Oil and Nuclear Power: Past, Present, and Future." *Energy Economics Journal*, no. 28 (2006) <www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/asset/oil+np_toth+rogner0106.pdf>

UNDP. *Human Development Report 2006* <http://hdr.undp.org/en/media/HDR 2006 AR Complete.pdf>

US Department of Energy. Global Nuclear Energy Partnership Strategic Plan. GNEP-167312, Rev.0, January, 2007 <www.ne.doe.gov/peis/references/RM792_DOE_20071.pdf>

US Department of Energy, Office of Nuclear Energy, Science & Technology. "The History of Nuclear Energy." DOE/NE-0088 <http://nuclear.gov/pdfFiles/History.pdf>

US Nuclear Regulatory Commission. "Background on Reactor License Renewal." <www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/fact-sheets/license-renewal-bg.html>.

Van Duan, Phung, & Phung Viet Anh. "Transfer of Nuclear Engineering Knowledge at Hanoi University of Technology." IAEA-CN-153/4/O/04 <www.iaea.org/inisnkm/nkm/documents/nkmCon2007/fulltext/FP/IAEA-CN-153-4-O-04fp.pdf>

Wenxing, Zeng. "The Role of Nuclear Power for a Sustainable Development in China." Working paper presented at the ILK-Symposium on *Opportunities and Risks of Nuclear Power* (China: Guangdon Nuclear Power Corporation Ltd, April 2001) <www.ilk-online.org/download/en/zeng_abstract_en.pdf>

World Nuclear Association. "WNA to 1/4/09. IAEA- for nuclear electricity production & percentage of electricity (%e) 5/08. WNA: Global Nuclear Fuel Market (reference cenario)- for U." <www.world-nuclear.org/info/reactors.html>

World Nuclear Association. "The New Economics of Nuclear Power." World Nuclear Association, 2005 <www.world-nuclear.org/reference/pdf/economics.pdf>

World Nuclear Association. "Supply of Uranium 2007." <www.world-nuclear.org/info/inf75.htm>

Xoubi, Ned. "Development of Nuclear Engineering Education in Jordan." Department of Nuclear Engineering, Jordan University of Science and Technology, 2007 <www.iaea.org/inisnkm/nkm/documents/nkmCon2007/fulltext/ES/IAEA-CN-153-4-P-14es.pdf>

"A Historical Date." *Nuclear News, vol.46, no.12* (November, 2003) <www.ans.org/pubs/magazines/nn/docs2003-11-2.pdf>

"Changing Times for the Nuclear Industry," *Nuclear News*, vol.50, no.1 (January, 2007) <www.ans.org/pubs/magazines/nn/docs/2007-1-4.pdf>

"China Aims to Cut Coal Mine Death Toll by 30 percent by 2007." *China Daily*, 3/11/2003 <www.chinadaily.com.cn/en/doc/2003-11/03/content_277948.htm>.

"Global Energy Decisions 2006." <www.nei.org/filefolder/us_nuclear_industry_capacity_factors.ppt>.

"Jeff Combs: Comments on the Global Nuclear Fuel Market." *Nuclear News*, vol.49, no.3 (March 2006) <www.ans.org/pubs/magazines/nn/docs/2006-3-2.pdf>

"Looking to the Future: The Next 50 Years," *Nuclear News*, vol.48, no.9 (August 2005) <www.ans.org/pubs/magazines/nn/docs/2005-8-3.pdf>

"Middle East Electricity Exhibitions & Conferences." *MEED* and *Gulf News* <www.middleeastelectricity.com/Power/PowerGeneration.html>

"NRC Adopts 1 Million Year Rule for Yucca Mountain." Reuters. Feb 17, 2009 <www.reuters.com/article/environmentNews/idUSTRE51G6XN20090217>

"Nuclear Power in the 21st Century." *Nuclear News* vol.43, no.1 (January 2000) <www.ans.org/pubs/magazines/nn/docs/2000-1-2.pdf>

Staff responses to frequently asked questions concerning decommissioning of nuclear power reactors <www.nrc.gov/reading-rm/doccollections/nuregs/staff/sr1628/sr1628.pdf>

"The Revival of Nuclear Energy: Going Forward Together," *Nuclear News*, vol.48, no.1 (January 2005) <www.ans.org/pubs/magazines/nn/docs/2005-1-3.pdf>

"USD 150 Billion Bill for Future GCC Electricity Needs." AME Info, January 20, 2003) <www.ameinfo.com/17469.html>

wikipedia <http:en.wikipedia.org/wiki/Mining_accident#United_states>

wikipedia <http:en.wikipedia.org/wiki/Monongah_mining_disaster>

نبذة عن المؤلف

رضا عبدالسلام علي: حاصل على درجة الدكتوراه في الاقتصاد من جامعة أولستر، المملكة المتحدة، عام 2000. يعمل مستشاراً اقتصادياً في صندوق التنمية الصناعية السعودي بالمملكة العربية السعودية منذ مطلع عام 2005. وشغل منصب أستاذ الاقتصاد المشارك بكلية الحقوق بجامعة المنصورة في مصر منذ عام 2006، وهو عضو هيئة تدريس بالجامعة منذ عام 1994.

نُشر له العديد من الكتب، منها: **مبادئ الاقتصاد السياسي: الاقتصاد الكلي والجزئي** (جامعة المنصورة، 2001)؛ و**العلاقات الاقتصادية الدولية: من النظرية إلى التطبيق** (جامعة المنصورة، 2002-2003)، و**مكانة مصر والدول العربية في المؤشرات التنموية العالمية** (القاهرة وبيروت: دار الفكر العربي، 2004، والمكتبة الأكاديمية 2005، والمكتبة العصرية 2007).

كما نُشر له العديد من الدراسات، منها: «أثر الإصلاح الاقتصادي على مستوى رفاهية الفرد: دراسة تطبيقية لعاملي القطاع الزراعي المصري»، **مجلة البحوث القانونية والاقتصادية**، العدد 2 (المنصورة، مصر: 2003)، و«اقتصاديات السلام: دراسة مقارنة بين منطقتي النزاع في الشرق الأوسط وأيرلندا الشمالية»، **مجلة الدراسات الدبلوماسية**، العدد 20 (الرياض: أيلول/ سبتمبر 2005).

الطاقـة النوويـة

وأهداف التنمية المستدامة لدول مجلس التعاون

مـع إعلان دول مجلـس التعاون لدول الخليج العربيـة تبنيها خيار الاعتماد علـى التقنيـة النووية في توليـد الطاقـة، وشروع بعضها بالفعل في إعـداد البيئة التنظيميـة والفنية اللازمة لذلك، تبـدو الحاجة ملحة إلى التعريف بدور الطاقة النوويـة في تحقيـق التنمية المسـتدامة، وواقع صناعـة الطاقة النوويـة في العالم، ومحددات نشـأة صناعـة توليد الطاقـة النووية، وفرص قيام مـشروع خليجي للطاقة النووية وتحدياته.

وقد عرض الكتاب لهذه الجوانب المختلفة؛ فتناول أهمية الطاقة النووية في الحد من مخاطر التلوث الناتجة عن التوسـع في الاعتماد على الوقود الأحفوري، ومسـاهمتها في سـد الفجوة بين الطلب على الطاقة والعـرض منها. كما تحد الكتـاب عـن واقـع الطاقـة النوويـة في العـالم، وأبـرز الفاعلـين في إنتاج واستهلاكها، والعوامل التي حكمت على مر العقـــود الماضيـــة دول ال لتبنـي الطاقـة النوويـة، أو عزوفهم عنها، وصـور تكاليفها المختلفـة، والع منهـا. وبالنظر إلى المحددات المختلفة لنشـأة صناعـة الطاقة النووية، يتضح دول مجلـس التعـاون تمتلك بالفعل بعـض العناصر التي تؤهلهـا لدخول هـذه الصناعـة، كالعنـصر الرأسـمالي، ولكنهـا مازالـت بحاجة إلى استك العنصرين البشري والمؤسسي.

ISBN 978-9948-14-177-8

